Guidobaldo del Monte (1545–1607)

Max Planck Research Library
for the History and Development
of Knowledge

Series Editors

Jürgen Renn, Robert Schlögl, Bernard F. Schutz.

Edition Open Access Development Team

Lindy Divarci, Jörg Kantel, Nina Ruge, Matthias Schemmel and Kai Surendorf.

Scientific Board

Markus Antonietti, Ian Baldwin, Antonio Becchi, Fabio Bevilacqua, William G. Boltz, Jens Braarvik, Horst Bredekamp, Jed Z. Buchwald, Olivier Darrigol, Thomas Duve, Mike Edmunds, Yehuda Elkana†, Fynn Ole Engler, Robert K. Englund, Mordechai Feingold, Rivka Feldhay, Gideon Freudenthal, Paolo Galluzzi, Kostas Gavroglu, Mark Geller, Domenico Giulini, Günther Görz, Gerd Graßhoff, James Hough, Manfred Laubichler, Glenn Most, Klaus Müllen, Pier Daniele Napolitani, Alessandro Nova, Hermann Parzinger, Dan Potts, Sabine Schmidtke, Circe Silva da Silva, Ana Simões, Dieter Stein, Richard Stephenson, Mark Stitt, Noel M. Swerdlow, Liba Taub, Martin Vingron, Scott Walter, Norton Wise, Gerhard Wolf, Rüdiger Wolfrum, Gereon Wolters, Zhang Baichun.

Proceedings 4

Edition Open Access
2017

Guidobaldo del Monte (1545–1607)

Theory and Practice of the Mathematical Disciplines from Urbino to Europe

Edited by Antonio Becchi, Domenico Bertoloni Meli, Enrico Gamba

Edition Open Access
2017

Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge
Proceedings 4
Revised Proceedings of the International Conference held in Urbino-Mombaroccio 15–16 June 2007

Communicated by:
Pier Daniele Napolitani

Edited by:
Antonio Becchi, Domenico Bertoloni Meli, Enrico Gamba

Editorial Coordination:
Lindy Divarci and Pierluigi Graziani

Sponsoring Institutions:
Regione Marche, Provincia di Pesaro e Urbino, Comune di Mombaroccio
Scholarly Support:
Centro internazionale di studi Urbino e la prospettiva (Urbino), Max Planck Institute for the History of Science (Berlin), Museo Galileo (Firenze), Dipartimento di Matematica, Facoltà di Ingegneria, Università di Brescia, Accademia Raffaello (Urbino), Società pesarese di studi storici (Pesaro)
Sponsors:
Università degli Studi "Carlo Bo" (Urbino), Soprintendenza per i Beni Storici, Artistici ed Etnoantropologici delle Marche, Comune di Urbino, Comune di Pesaro
Financial Support:
Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, Centro internazionale di studi Urbino e la prospettiva (Urbino), Max Planck Institute for the History of Science (Berlin), Fondazione Cassa di Risparmio di Pesaro, Regione Marche, Provincia di Pesaro e Urbino, Comune di Mombaroccio

Cover image: Federico Barocci and Workshop, Portrait of Guidobaldo del Monte, 67 x 53 cm, Musei Civici, Pesaro (Italy), with kind permission of Musei Civici.

ISBN 978-3-945561-21-8
Published 2017 by Edition Open Access,
Max Planck Institute for the History of Science
Reprint of the 2013 edition
http://www.edition-open-access.de
Printed and distributed by
PRO BUSINESS digital printing Deutschland GmbH, Berlin
Published under Creative Commons by-nc-sa 3.0 Germany Licence
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at http://dnb.d-nb.de.

The Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge comprises four subseries, *Studies*, *Proceedings*, *Sources* and *Textbooks*. They present research results and the relevant sources in a new format, combining the advantages of traditional publications and the digital medium. The volumes are available both as printed books and as online open access publications. They present original scientific work submitted under the scholarly responsibility of members of the Scientific Board and their academic peers.

The volumes of the four subseries and their electronic counterparts are directed at scholars and students of various disciplines, as well as at a broader public interested in how science shapes our world. They provide rapid access to knowledge at low cost. Moreover, by combining print with digital publication, the four series offer a new way of publishing research in flux and of studying historical topics or current issues in relation to primary materials that are otherwise not easily available.

The initiative is supported, for the time being, by research departments of three Max Planck Institutes, the MPI for the History of Science, the Fritz Haber Institute of the MPG, and the MPI for Gravitational Physics (Albert Einstein Institute). This is in line with the *Berlin Declaration on Open Access to Knowledge in the Sciences and Humanities*, launched by the Max Planck Society in 2003.

Each volume of the *Studies* series is dedicated to a key subject in the history and development of knowledge, bringing together perspectives from different fields and combining source-based empirical research with theoretically guided approaches. The studies are typically working group volumes presenting integrative approaches to problems ranging from the globalization of knowledge to the nature of spatial thinking.

Each volume of the *Proceedings* series presents the results of a scientific meeting on current issues and supports, at the same time, further cooperation on these issues by offering an electronic platform with further resources and the possibility for comments and interactions.

Each volume of the *Sources* series typically presents a primary source—relevant for the history and development of knowledge—in facsimile, transcription, or translation. The original sources are complemented by an introduction and by commentaries reflecting original scholarly work. The sources reproduced in this series may be rare books, manuscripts, documents or data that are not readily accessible in libraries and archives.

Each volume of the *Textbooks* series presents concise and synthetic information on a wide range of current research topics, both introductory and advanced. They use the new publication channel to offer students affordable access to high-level scientific and scholarly overviews. The textbooks are prepared and updated by experts in the relevant fields and supplemented by additional online materials.

On the basis of scholarly expertise the publication of the four series brings together traditional books produced by print-on-demand techniques with modern information technology. Based on and extending the functionalities of the existing open access repository European Cultural Heritage Online (ECHO), this initiative aims at a model for an unprecedented, Web-based scientific working environment integrating access to information with interactive features.

A Carlo Maccagni, amico e maestro di tanti

Contents

Introduction: Searching for Order in Theory and Practice
Domenico Bertoloni Meli

Over the last few years, Guidobaldo del Monte has emerged as a key figure in the mathematical disciplines from the end of the sixteenth to the beginning of the seventeenth century, especially in the science of perspective and in mechanics, broadly conceived. The recent updated entry by Enrico Gamba and Kirsti Andersen in the *New Dictionary of Scientific Biography* (Andersen and Gamba 2008) highlights precisely these aspects.[1] The revival of studies on the Marquis del Monte and the new results emerging from them served as catalysts for a conference held in Urbino and Monte Baroccio—Guidobaldo's fief—coinciding with the four hundredth anniversary of his death in 1607. The present volume stems from that conference and brings together a number of contributions grouped under four categories dealing with mechanics, mathematics and perspective, civil and military architecture, and the political and cultural contexts of Guidobaldo's work. A common feature among all the contributions is their close reliance on documentary evidence in the form of printed texts, manuscripts, and mathematical instruments. We very much hope that this volume will stimulate new studies and lead to the editions of Guidobaldo's *Meditatiunculae de rebus mathematicis*—an important and complex manuscript unfortunately known only piecemeal—and of his correspondence.

Quite appropriately, the first five contributions deal with mechanics, an area in which Guidobaldo's *Mechanicorum liber* (Pesaro 1577) emerged at the end of the Renaissance as a pivotal text; it defined a style based on rigorous foundations that relied on the balance and on the reduction of all simple machines to it. In "Argumentandi modus huius scientiae maxime proprius," Maarten van Dyck challenges traditional interpretations of Guidobaldo's mechanics, specifically the attempt to frame it within the category of mixed sciences. According to van Dyck, although this category is commonly used by historians of science, it is ill-suited to carry out a process of mathematization in mechanics and neither Guidobaldo nor Galileo applied it. Rather, they sought appropriate principles and developed a mode of argumentation specifically suited to mechanics itself.

[1] See for example the monumental work by (Andersen 2007). See also (Van Dyck 2006; Bertoloni Meli 2006; Palmieri 2008; Henninger-Voss 2000).

Roy Laird provides a more accurate characterization of del Monte's mechanics in "Guidobaldo del Monte and Renaissance Mechanics," arguing that his signal achievement was to provide a rigorous basis for the theory of simple machines based on Archimedes's doctrine of the lever. In Laird's account, Guidobaldo saw motion as the result of disequilibrium and was unhappy with Jordanus of Nemore and Niccolò Tartaglia because they mistook effects for causes: since motion stems from disequilibrium, it cannot be used to explain equilibrium, regardless of whether conclusions drawn from such premises seem correct or not.

"Guidobaldo del Monte's Controversy with Giovan Battista Benedetti" is the only contribution that was not presented at the 2007 workshop; we are grateful to Jürgen Renn and Pietro Omodeo for this essay which explores a new aspect of Guidobaldo's mechanical thinking. The authors examine del Monte's notes on the section "De Mechanicis" in *Diversarum speculationum mathematicarum et physicarum liber* (Turin 1585) by Giovanni Battista Benedetti, court mathematician at Turin, discussing their significance and potential relevance to Galileo's *De motu*.

In "Guidobaldo del Monte: Galileo's Patron, Mentor and Friend," William Shea reminds us of the deep friendship between Guidobaldo and Galileo, reexamining their correspondence in detail.

Lastly, Domenico Bertoloni Meli's "Guidobaldo, Galileo, and the History of Mechanics" examines the fortunes of *Mechanicorum liber*, starting from the French historian Pierre Duhem, and then moving back in time to Joseph-Louis Lagrange, Pierre Varignon, and then to Galileo himself. Bertoloni Meli argues that for over two centuries, mathematicians from Lagrange to Galileo perceived Guidobaldo's work in different ways and considered it to be more significant than Duhem believed it to be.

The second set of contributions examines Guidobaldo's works in mathematics and the science of perspective, two areas displaying the same emphasis on rigor and precision that characterizes his work in mechanics. Enrico Giusti's "Guidobaldo e la teoria delle proporzioni" highlights del Monte's role as privileged spectator of the developments of the theory of proportions, as a student of Federico Commandino on the one hand, and friend and mentor to Galileo on the other. Giusti shows that Guidobaldo closely followed Commandino's edition of Euclid, wishing to systematize and pursue the classical tradition rather than challenge or extend it in problematic new directions.

Kirsti Andersen analyzes Guidobaldo's work on perspective, *Perspectiva libri sex* (Pesaro 1600). In "Guidobaldo: The Father of the Mathematical Theory of Perspective," she argues that del Monte can be rightly called the "father of the mathematical theory of perspective" for his creation of the concept of general vanishing point and for his recognition of the importance of the perspective images of sets of parallel points. Paradoxically, however, Andersen argues that del Monte was not fully aware of the power of the mathematical tool he had created.

In "Guidobaldo del Monte e Piero della Francesca: raffronti prospettici" Stefano Marconi investigates Guidobaldo's work in relation to the tradition of two major figures in the history of perspective, Leon Battista Alberti and Piero della Francesca. Both had profound links to Urbino: the former was a frequent guest at the court of Duke Federico da Montefeltro, whilst the latter painted the portraits of Federico and his wife Battista Sforza, as well as the celebrated Flagellation, now in Urbino.

In "La nuova teoria prospettica nei Perspectivae libri sex" Livia Tiriticco identifies *Perspectivae libri sex* as a key work in the history of perspective. She places the rigorous mathematical formulation of perspective attained by Guidobaldo in the context of the Renaissance debate on the arts. She argues that as a consequence of perspective becoming a "science," painting and architecture complete their transition from "artes mechanicae" to "artes liberales."

Lastly, the useful comprehensive study of "Gli strumenti scientifici di Guidobaldo del Monte" by Enrico Gamba and Roberto Mantovani provides a detailed analysis of the mathematical instruments used and perfected by Guidobaldo. The authors have identified five classes of instruments for drawing, surveying, computing, experimenting, and measuring time. Their essay offers a vivid picture of the importance of this area to Guidobaldo and of the care he devoted to perfecting and improving instruments, including the *squadro*, theodolites, compasses, balances, and solar clocks.

Architecture plays a major role in the activities of Guidobaldo and of the Urbino mathematicians: the three contributions in this area offer one of the most original features of this volume. Antonio Becchi's essay "...zoticamente non intendendo le Mechaniche" deals with the relations between mechanics and architecture, focusing especially on the pivotal role of Bernardino Baldi, a student of Federico Commandino, and Guidobaldo whose edition of the pseudo-Aristotelian *Quaestiones mechanicae* contains key analyses of architectural problems.

In "Guidobaldo del Monte: architetto di palazzo Gradari a Pesaro," Grazia Calegari makes available the contracts documenting Guidobaldo's role in the construction of Palazzo Gradari in Pesaro, thus underscoring that the range of his mathematical activities included civil architecture as well.

The importance of Francesco Menchetti's contribution on "Guidobaldo del Monte nel Granducato di Toscana e la scuola roveresca di architettura militare" goes well beyond the topic suggested by its title. Menchetti offers a sketch of the tradition of military architecture in the Duchy of Urbino, focusing in particular on Guidobaldo's visit to the fortresses of the Grand Duchy of Tuscany in 1589, and not in 1588 as previously believed. It appears that in those years Guidobaldo's son Orazio was Provedditore of the Fortress in Pisa and that Guidobaldo himself visited his son there in the late spring of 1589. Although direct evidence of contact between Guidobaldo and Galileo at Pisa is lacking, the presence of Orazio at Pisa and Guidobaldo's visit there raise tantalizing questions about the personal contact between Guidobaldo and Galileo at a time when the latter was likely drafting his celebrated works, later known as *De motu antiquiora*. It is thus entirely plausible that at that time Guidobaldo and Galileo would have discussed and possibly experimented on matters of common interest, including mechanics and the science of motion.

The political and cultural contexts of Guidobaldo's work took different shapes in different contexts, such as in Italy and Germany, where Guidobaldo's work was translated. Marcus Popplow's "Court Mathematicians, Rosicrucians, and Engineering Experts" provides a vivid picture of the role of the mathematical disciplines in Germany, at the intersection between theoretical interests and practical pursuits. Popplow highlights interesting differences between the German and Italian contexts, such as the links between new knowledge and Protestant Reformation, which were lacking south of the Alps.

In "Guidobaldo del Monte e i nuovi corpi celesti," Alessandro Giostra has examined Guidobaldo's study of the new star of 1604—the same one that prompted Galileo's attack against the Aristotelians' claim of the incorruptibility of the heavens. Giostra has studied both the correspondence of Guidobaldo and a strictly contemporary manuscript, *De stella magorum*, situating both texts within their astronomical, philosophical, and theological contexts.

Gianluca Montinaro's "Guidobaldo del Monte e Francesco Maria II della Rovere duca di Urbino" examines the relationships between Guidobaldo and the Dukes of Urbino, situating them in the evolving and difficult situation of the Duchy at that time when the lack of a male heir threatened its very survival.

Lastly, Riccardo Paolo Uguccioni's study of "I del Monte feudatari di Monte Baroccio" provides a wealth of details on Guidobaldo's fief and its administration.

Seen together, the contributions presented in this volume offer a more complex and detailed analysis of Guidobaldo's activities and milieu. The image that emerges is that of a scholar and a practical man, active in his study, in the field, and at court. As Marcus Popplow aptly emphasizes, in this period the activities of mathematicians included both theoretical and practical aspects: the contributions to this volume amply show that for Guidobaldo the mathematical disciplines included theoretical and practical mechanics, geometry and perspective, Greek texts and material instruments, civil and military architecture. He searched for order, rigor, precision, and elegance in them all.

Acknowledgements

We wish to thank Anna Bruno, Gian Italo Bischi, and the *Centro internazionale di studi Urbino e la prospettiva* for their support and encouragement; Lindy Divarci for the editorial coordination and copyediting and Kai Surendorf for his IT expertise; Johanna Biank, Alexandra Berndt and Beatrice Hermann for their editorial work. Special thanks go to Pierluigi Graziani, who has devoted his technical knowledge and scientific competence to this project for several months.

References

Andersen, K. (2007). *The Geometry of an Art: the History of the Mathematical Theory of Perspective from Alberti to Monge*. New York: Springer.

Andersen, K. and E. Gamba (2008). Monte, Guidobaldo, Marchese Del. In: *New Dictionary of Scientific Biography*. Ed. by N. Koertge. Vol. 5. Detroit: Scribners' Sons, 174–178.

Bertoloni Meli, D. (2006). *Thinking with Objects. The Transformation of Mechanics in the Seventeenth Century*. Baltimore: John Hopkins University Press.

Henninger-Voss, M. (2000). Working Machines and Noble Mechanics: Guidobaldo del Monte and the Translation of Knowledge. *Isis* 91:233–259.

Palmieri, P. (2008). Breaking the Circle: The Emergence of Archimedean Mechanics in the Late Renaissance. *Archive for History of Exact Sciences* 62: 301–346.

Van Dyck, M. (2006). Gravitating Towards Stability: Guidobaldo's Aristotelian-Archimedean Synthesis. *History of Science* 44:373–407.

I. Mechanics in the Fifteenth and Sixteenth Centuries

Chapter 1
"Argumentandi modus huius scientiae maxime proprius." Guidobaldo's Mechanics and the Question of Mathematical Principles

Maarten Van Dyck

1.1 Introduction: Guidobaldo, Galileo, and the Subalternate Sciences

How should we place Guidobaldo del Monte in the changing landscape of late sixteenth, early seventeenth-century knowledge? At once a faithful Aristotelian and early patron of Galileo, Guidobaldo seems to defy some naïve conceptions about the nature of the so-called scientific revolution.[1] As is well known, one of the ways in which the mathematician Guidobaldo can be considered to have been a faithful Aristotelian is exactly that he is almost completely silent on philosophical issues, thus respecting the disciplinary boundaries that had become deeply engrained in the fields of knowledge. But this leaves us with little to go on if we want to ascertain how he would have understood his own endeavors, and possibly what connected them to or separated them from those of his younger friend, Galileo.

In the present paper I will try to argue for what I take to be a crucial connection between Guidobaldo's work on mechanics and Galileo's aspirations in constructing a new, mathematical science of nature. In particular, I will analyze how Guidobaldo laid bare the conditions under which Archimedes's *mathematical* science of mechanics could be established, and argue that this kind of focus on the conditions that allow for mathematization implicitly prepared the way for Galileo's new philosophy of nature. It is thus a deliberate engagement with problems posed by the mathematization of phenomena that really allows us to see

[1] Bertoloni Meli (1992) gathers sufficient evidence to believe that Guidobaldo would have seen himself as a faithful Aristotelian. In what follows I will add some further evidence, when considering Guidobaldo's views on mathematical abstraction as applied to mechanical concepts. In the conclusion, however, I will offer some reflections that could make us somewhat more careful in our use of such a denomination—as opposed to the question of how Guidobaldo would have seen himself—by pointing in which way he ignored important Aristotelian epistemological constraints, and in doing so helped prepare the way for a thoroughly anti-Aristotelian philosophy of nature.

Galileo following in the footsteps of Guidobaldo, notwithstanding their differences of opinion on where this path would lead.[2]

Seeing the connection between Galileo and Guidobaldo in these terms is not unconnected with the claims that have been made for the importance of the category of the subalternate (or middle or mixed) sciences.[3] Since the 1970s, a number of historians of science have pointed out that Galileo's "new" sciences had many of the characteristics of these sciences (which apply mathematical demonstrations to physical subject matter) as they were discussed within Aristotelian philosophy.[4] As a result, we have at least been made aware of the fact that it was possible to discuss and integrate some aspects of the applied mathematical sciences within an Aristotelian framework. It is also undeniable that these debates are extremely relevant if we want to understand the predicament of for example the Jesuit mathematicians throughout the first half of the seventeenth century as they tried to enter into critical discussion with (and possibly contribute to) the recent developments in the mathematical sciences without leaving what could be considered to be a general Aristotelian framework (Dear 1995; Feldhay 1999). But there has also been some apparently well-founded scepticism which centers on whether these same debates really can teach us something important about Galileo's own position. One of the most outspoken criticisms came from Laird, who was actually one of the first to stress the potential importance of the category of the subalternate sciences in the early 1980s. In a paper from 1997, however, he attacked the importance of the category for understanding Galileo by pointing out that Galileo does not even mention the existence of the category in places where we would have him expected to do so. Moreover, and more importantly, Laird also notices that the philosophical discussions surrounding this category could not have appealed to Galileo at all, since the Jesuit teachings with which he was definitely familiar were, to say the least, rather sceptical about the proper scientific status of the subalternate sciences. Finally, and this is probably the most impor-

[2] I will not comment on the significant difference of opinion between Guidobaldo and Galileo on the conditions under which the phenomenon of *motion* could be legitimately mathematized. This difference has already been often commented upon, but in my opinion many of these comments suffer from an insufficient understanding of Guidobaldo's quite sophisticated understanding of the problems involved. This paper can thus be seen as laying part of the groundwork that, by stressing the important convergence of thought on a number of issues, should make possible a much more nuanced understanding of what in the end separated Guidobaldo and Galileo.

[3] In this paper, I will use "subalternate" consistently. Although usage among the Aristotelian commentators is not fixed, it is important to notice that "mixed" (or its cognates) only seems to have come into use in the seventeenth century (none of the sixteenth-century mathematical or philosophical authors that I am aware of use it), and as this might reflect some important changes in the understanding of the most fundamental characteristics of these sciences—as I will indicate in the concluding section of this paper—I believe it should be avoided when discussing the earlier incarnations of the notion.

[4] See (Machamer 1978; Wallace 1984; Lennox 1986; Biener 2004).

tant argument, he shows that these philosophical discussions would not even have answered any questions that Galileo found pressing[5] (we will come back to the reason why in Section 1.2).

But if we grant this conclusion with respect to Galileo, what does this tell us about his connection to the enterprise of people like Guidobaldo? One of the major motivations for linking Galileo to the subalternate sciences has always been the idea that he stood in a well-established sixteenth-century tradition, and that his new sciences thus did not arise miraculously. This idea also lies behind a very thoughtful recent reconsideration of Galileo's relation to the subalternate sciences by Biener (2004), who claims that Laird's argument shows we should distinguish between the subalternate sciences as *a philosophical tradition* and as *a practical one*. And whereas it might well be that the philosophical tradition could not have appealed at all to Galileo, the practical tradition nevertheless appears to have provided the model according to which Galileo did structure his own new (mathematical) sciences—as Biener's subtle analysis of the first two days of the Discorsi shows. The present paper can be seen as a further elaboration of this perspective by investigating the approach of the mathematical practitioner with whom Galileo might most reasonably have been expected to share a tradition: Guidobaldo del Monte. This will also allow us to sharpen the distinction made by Biener by providing an understanding of how exactly the practical tradition provided some of the methodological insights that someone like Galileo was looking for, and which the philosophical tradition conspicuously missed.

Part of my conclusion will indeed be that Laird's analysis regarding Galileo's indifference for the philosophical discussions about the subalternate sciences can be carried over almost completely to the case of Guidobaldo.[6] At first sight, this might be surprising since, as already mentioned, Guidobaldo is in many respects rightfully portrayed as a faithful Aristotelian. Nevertheless, the main reason why he did not engage directly with the philosophical discourse surrounding the category is that it would not have been helpful in answering the questions regarding mathematization which Guidobaldo *as a practitioner* of the mathematical sciences found pressing—rather that it would even have confused issues in an important way! I hope to show that the way in which he *did* answer these questions, moreover, *does* show us an important and very interesting link between Guidobaldo's and Galileo's work.

The structure of my paper is as follows. I will first give a quick overview of the concept of the subalternate sciences as it was being discussed by philoso-

[5] See (Laird 1997).

[6] In an earlier paper (Van Dyck 2006), I include Guidobaldo's mechanics within the category of mixed sciences, without much ado. I do believe that most claims in that paper still stand, but that there are good reasons to be more careful with the use of the category.

phers from Grosseteste onwards. I will then discuss how this concept was being applied to the sixteenth-century science of mechanics, also by the practitioners themselves. Given what I have already said about the conclusion of my paper, this might seem to introduce an uncomfortable tension in my argument, but it will turn out that the tension actually lies in the application of the category itself. This will become more apparent if we next move to Guidobaldo, and especially to his commentary on the Archimedean treatise on the equilibrium of planes. From there on, I will turn to a more detailed analysis of Guidobaldo's commentary of Archimedes's proof of the law of the lever. It will turn out that it is here that we can find the elements of a tradition in which we can place Galileo in what I take to be a really *illuminating* way. In elaborating this point, I will then come back to the distinction between a practical and a philosophical tradition of subalternate sciences.

1.2 A Quick Tour of the Subalternate Sciences

The present section will be kept to an absolute minimum as good discussions already exist. I base my summary mainly on (Laird 1983), to which I refer for all detailed references (Laird 1997 also contains a neat summary).

Puzzled by some of Aristotle's remarks in the *Posterior Analytics* about some sciences "being under" other sciences, commentators on the Stagirite's work elaborated and analyzed the category of the "subalternate" sciences. The context in which Aristotle had introduced the germs of this idea was in discussing how some sciences could use mathematical demonstrations to arrive at conclusions about physical things, apparently violating the essential Aristotelian requirement of homogeneity which states that all terms in valid scientific demonstrations must belong to the same genus. Nevertheless, sciences like astronomy or optics can use mathematical principles, he claimed, because they are related to mathematics as "one under the other." He moreover added that the lower science (e.g., optics) knows the fact (*oti, quia*), while the reasoned fact (*dioti, propter quid*) belongs to the higher science (e.g., geometry). In *Physics* Aristotle also called astronomy, optics and harmonics the "more physical of the mathematical sciences" (to add to the confusion, in the oft-used translation of the Middle Ages by James of Venice, this is translated as "more physical than mathematical"). While in geometry one treats physical lines as mathematical rather than physical, in optics one treats mathematical lines as physical rather than mathematical. In *Metaphysics*, finally, there is a passage where Aristotle makes the seemingly contrary claim that optics treats visual rays (i.e., physical lines), but only as mathematical lines.

It is clear that this is a rather scant basis on which to develop a full-fledged theory, moreover leaving ample room for disagreement, not least due to the apparent incoherence in Aristotle's own statements. But the demands on such a theory were more or less clear: it should explain *what* the objects of the subalternate sciences are, *how* these objects are considered, and how this enables us to understand what is *quia*, and what is *propter quid* about the different demonstrations in which these objects figure. On the first question, there seems to have been general agreement that the subalternate sciences deal with some kind of composite subject which is basically a mathematical object to which an extra sensible condition is added (such as "visual" to line). The second and third questions received very different answers. It was both thought that the subalternate sciences basically consider these objects as somehow physical (e.g., by Grosseteste), and that they consider them purely as mathematical (e.g., by Zabarella). Under the influence of Averroes, later commentators also phrased this as the relation between the *resconsiderandi* (which according to Zabarella, for example, is the added *sensible* condition) and the *modus considerandi* (which again according to Zabarella is *mathematical*). The answer to this second question obviously influenced the widely differing interpretations of what exactly was demonstrated *quia*, and what was known *propter quid*.

I do not think it is necessary to enter here into any of the further details (although these are important in that they remind us that there was not just one Aristotelian position on these issues). For now, I only want to draw attention to a fact that is already forcefully stressed by Laird in his paper attacking the relevance of the category for understanding Galileo. We should be very clear about the rather limited nature of the basic issue that the concept was thought to address. In Laird's words, the question the commentators tried to answer was what "demonstrative force a purely mathematical demonstration retained when […] applied to a physical subject" (Laird 1997, 259). Translated in the traditional Aristotelian syllogistic framework, the issue was the following: given that a minor premise attributes a mathematical property to a physical object (e.g., visual rays having a certain angle), the question was whether the major premise showing further mathematical properties to follow from this basic property could retain its full demonstrative force, that is, whether the middle term linking minor and major could indeed function as a middle (whether one could interpret the terms in the minor in their full mathematical meaning). What was never in question in these discussions was whether and how it is possible to establish the minor premise. That is, it is simply assumed that natural bodies have certain quantitative aspects.[7] When discussing, for example, the proof of the law of reflection in optics, the (empirical) principle stating that certain properties hold between the

[7] This is the third reason adduced by Laird (1997) for doubting the usefulness of the category for Galileo's new sciences (cf. Section 1.1 of the present paper). The most pressing problem that confronted Galileo was exactly the establishment of such "mixed" premises.

angles of incoming and reflected rays is simply assumed without further comment—the question is whether one can use further geometrical principles about triangles to analyze some of the consequences following from this principle.[8]

1.3 The Scope of Mechanics in the Sixteenth Century

Again, I can be rather brief because the broad lines of the story are already rather well known. I will be mainly interested in stressing two considerations that are not always appreciated as clearly as they should be, but that are relevant for understanding the prospects of mechanics as a subalternate science. They should help us to better appreciate Guidobaldo's complete silence on the issue of subalternation.

The title of the present section obviously refers to the influential paper by Laird , which helped to sketch the contours of the landscape of sixteenth-century views on the nature of mechanics as a legitimate scientific discipline (Laird 1986). The major event in this process of legitimization, as retold by Laird, was the rediscovery of the (pseudo-)Aristotelian *Mechanical Problems*. The mere existence of a treatise on mechanics thought to be written by Aristotle was in itself already a major factor in this legitimization, but the preface to that treatise also contained some *topoi* that could be fruitfully exploited to strengthen this legitimacy. Laird summarizes these as follows:

> first, it [mechanics] was a theoretical science rather than a manual art; second, it was mathematical, although its subject was natural; third, it concerned motions and effects outside of or even against nature; and fourth, it produced them for human ends. (Laird 1986, 45–46)

Let us try to focus a little more on the second and third aspects. The second aspect (a mathematical science of a natural subject) of course immediately brings the subalternate sciences to mind, especially as the Aristotelian preface also claims that "the how" of mechanical problems is known through mathematics, and "the about what" through physics. Thus, it is not surprising that most sixteenth-century commentators on the *Mechanical Problems* explicitly linked this to the philosophical discussions on the subalternate sciences referred to in the previous section. They also agreed that mechanics considered its subject matter through mathematical considerations. Tartaglia and Baldi spoke about mechanics as a *scientia subalternata*; Maurolico noticed that mechanics was a *scientia me-*

[8]One can see this, for example, in Grosseteste's discussion of this proof, analyzed in (Laird 1983, 37).

dia between the mathematical and the natural (Tartaglia 1546, 82v; Baldi 1621, 4; Maurolico 1613, 7–8).[9]

So far, this is the familiar story that clearly links important practitioners, such as Tartaglia, Baldi and Maurolico, to the tradition of subalternate sciences. However, a potential complication arises when we try to see how this can be squared with the third aspect singled out by Laird: that mechanics treats effects *praeter naturam*.[10] As with the second aspect, this could also be fruitfully linked to other places in the Aristotelian corpus. After all, the basic opposition between what is according to nature and what goes counter to it is one of the true cornerstones of Aristotle's philosophy. Moreover, the discussion in *Physics II* concerning the distinction between the natural and the artificial is obviously relevant to the case of mechanics and was accordingly often referred to. In the passages discussing this distinction, Aristotle famously claimed that art imitates nature, which was a statement that was frequently taken up by the commentators on the *Mechanical Problems*. The basic Aristotelian idea is that art does not simply overrule nature, but that it profits from the natural constitution of things to bring about useful effects that would not arise naturally. Moreover, it brings about these effects by imitating nature. As Aristotle claims: "if a house, e.g., had been a thing made by nature, it would have been made in the same way as it is now by art" (the underlying idea apparently being that art takes all its clues from nature's characteristic ways of organizing matter in goal-oriented ways) (Aristotle 1930, 199[a]). Guidobaldo was especially explicit when he stated that the arts are able to bring about effects that are *praeter naturam* exactly *because* they imitate nature, but this idea seems to have been generally shared by most commentators.[11]

But this could be thought to leave us in a quandary. If it is true that art imitates nature, how could it be that mechanical demonstrations (supposedly explaining something about how art can achieve its goals) are wholly mathematical: nature certainly does not operate according to mathematical principles on an Aristotelian view. I do not want to overstate this point, or to make too much out of it, but it does seem that the second and third aspect identified by Laird do not sit very easily together. And I do believe that this helps explain why Guidobaldo, who opens his 1588 *Paraphrasis* with an extended discussion of art's imitation of nature, does

[9]Both the works of Baldi and Maurolico were written in the sixteenth century, but only published posthumously.

[10]There were many ways in which this opposition was phrased, but the expression *praeter naturam* seems to have been most used, and the one to express the generally accepted line of thought on the issue most accurately. See (Festa and Roux 2001) for further references and for some of the issues surrounding this crucial aspect of the mechanical sciences. Popplow (1998, 154–168) also offers some further discussions on the theme.

[11]For more detailed discussions, see (Monte 1588, 2; Piccolomini 1565, 7v; Maurolico 1613, 29; Monantheuil 1599, 8). The next section will analyze Guidobaldo's particular interpretation.

not refer to the idea of subalternate sciences. I hope to make this claim more plausible in the next section, but before doing so, I would like to add a further consideration that is relevant to this issue.

The story about the legitimate scope of the mechanical sciences in the sixteenth century has often concentrated on the reception of the *Mechanical Problems*, of course coupled with the publication of the Archimedean treatises. Because of their highly abstract mathematical character, however, the latter do not seem to contain much material that is directly relevant to defining this scope. The goal of the next two sections will be to counter exactly this impression, but it is equally important to stress that writers on mechanics had more sources at their disposal than just these two in crafting an interesting image for their science—sources that often offered a much more encompassing vision of the scope of mechanics. Vitrivius work was of course directly relevant, and by the second half of the century the eighth book of Pappus's *Mathematical Collections* should also be added to the available classical background. The work was only published in 1588, but Guidobaldo knew its contents much earlier through his association with Commandino, who was responsible for the translation. It is thus not accidental that the introduction to his *Mechanicorum liber*, and especially the dedicatory letter by Filippo Pigafetta to its Italian translation of 1581, contain much more substantial allusions to Pappus's introduction of his eighth book than to the preface to the *Mechanical Problems* (Monte 1577; 1581).[12] This is not only relevant because Pappus introduced the idea of systematizing a science explicitly devoted to the five simple machines, which could all be explained from a common principle (an idea for which he refers to Heron and which would be taken up by Guidobaldo in his *Mechanicorum liber*), but also, and more importantly for our topic, because he explicitly stated that the theoretical part of mechanics makes use of "geometry, & arithmetic, & astronomy, & physics!"[13]

Not only was there a potential tension between seeing art as imitating nature and considering mechanical demonstrations to be purely mathematical, there was also an alternative authoritative view that included physical considerations within the theoretical part of mechanics! We can thus have Baldi stating on one page that mechanics as a subalternate science treats physical subjects with geometrical demonstrations, and then have him switch, apparently unproblematically, to the statement on the next page that its demonstrations use geometrical, arithmetical, and physical considerations (Baldi 1621, page 4–5 of the unnumbered preface). The least we can say is that Baldi does not seem to be concerned about the philo-

[12] Pigafetta wrote his translation in close association with Guidobaldo, so we can safely assume the almost literal extracts from Pappus to have been provided by Guidobaldo.

[13] In the translation by Commandino: "rationalem quidem partem ex geometria, & arithemetica, & astronomia, & ex physicis rationibus constare" (Pappus 1660 [1588], 447).

sophical subtleties involving the subalternate sciences. We will see in the next two sections that Guidobaldo, who paid painstaking attention to the structure of the Archimedean demonstrations, had positive reasons to neglect these subtleties and to favor instead the characterization taken over from Pappus.

1.4 The Mathematical and the Natural in Guidobaldo's Paraphrasis

After having published his influential *Mechanicorum liber* in 1577, which as already mentioned saw its Italian translation in 1581, Guidobaldo in 1588 also published a detailed commentary on Archimedes's *Equilibrium of plane figures* (Monte 1577; 1588). As Guidobaldo explains in his dedicatory letter, *Paraphrasis* is meant to answer criticisms that were made of his earlier *Mechanicorum liber* by people who were maybe not so adept in "the mechanical way of investigating the causes of things" (Monte 1588, page 1 of the unnumbered dedicatory letter). In this way, he immediately introduces one of the running themes of his commentary—if not the most important message of the whole book—that the mechanical science has a special way of demonstrating its propositions, which must be grasped before one can truly understand any of its claims. In *Mechanicorum liber* Guidobaldo had moreover *assumed* the validity of the law of the lever, whereas this law actually contains the true foundation of the science of mechanics (as he never tires of stressing in this work devoted to the demonstration of its validity).[14] In *Paraphrasis*, Guidobaldo accordingly shows that the validity of the law of the lever is indeed grounded in a special method of demonstration—in the "argumentandi modus huius scientiae maximè proprius [...]" (Monte 1588, 44)—implying that whoever does not grasp this method of demonstration actually ignores the proper foundations for the mechanical science.

The opening pages of the preface to *Paraphrasis* are much more explicitly tied to the preface to the Aristotelian *Mechanical Problems* than was the preface to *Mechanicorum liber*. This means that Guidobaldo in turn touches on the admiration accorded to mechanical effects, and especially the link of this admiration with their *praeter naturam* character, and on the mechanical science having both mathematical and physical characteristics. His discussion of the *praeter naturam* effects is concise and very elegant. He begins by recalling that Aristotle in *Physics II* and the *Mechanical Problems* had considered three ways in which art can operate: by imitating nature (such as in sculpture), by finishing what nature could not achieve (such as in medicine), and by operating *praeter naturam* (such as in mechanics). But, he adds, on closer consideration it turns out that the latter

[14] In proposition V of *On the balance*, the first book of *Mechanicorum liber*, Guidobaldo at first sight does give a proof of the law of the lever, but he actually assumes its validity also in the proof of that proposition.

also happens through the imitation of nature, since "it is through nature itself that nature is overcome." This can be made clear as follows, he explains. Suppose we have two bodies, A and B, of which A is heavier than B. It would be in the nature of things that A would be able to raise B but not the other way around. Consider however what happens if we put them on some lever in such a way that their common center of gravity C lies in-between B and the fulcrum D which by its nature can not move: the center of gravity will by its own nature move down, which will have the effect that (because of the presence of the fixed point D) A will be raised and B will be lowered. So what is it that art brings about? Nothing other than that it places things with respect to each other in such a way that thereupon the desired effect follows by just letting nature follow its course (Monte 1588, 2–3).

The basic explanatory scheme behind this discussion is of course the one expounded in great detail in Guidobaldo's *Mechanicorum liber*, which explains the operation of all simple machines through the relative positions of a compound system's center of gravity and a fulcrum.[15] Let us just note here how this allows Guidobaldo to make much better sense of the way in which *overcoming* and *imitating* nature are inextricably interwoven. This becomes especially clear if we contrast it with the difficult-to-grasp Aristotelian identification of the *praeter naturam* aspect of mechanical phenomena with the part of circular motion that is supposedly *praeter naturam*.[16] But this also means that his way of dealing with this classical topos has only aggravated the tension with the second aspect that was identified by Laird in the Aristotelian preface: the essentially mathematical character of mechanical explanations. And this was of course a problem that did not arise in the same way for the vague Aristotelian explanation of the *praeter naturam* effect, since this was actually grounded in the *mathematical* nature of the circle!

In a passage immediately following the explanation of the *praeter naturam* nature of mechanical phenomena, Guidobaldo enters into the physical/mathematical issue, thus following the broad lines of the structure of the Aristotelian preface, but he does so in a rather unexpected way which sets the stage for the rest of his commentary. He reports that Aristotle in his preface considered mechanics to partake both of the mathematical and the natural and that Archimedes was obviously familiar with these views, because he considers mathematical things, such as distances and proportions, through geometrical demonstrations; and because he considers natural things through natural considerations, such as those relating to the nature of the center of gravity and motion up and down (Monte 1588, 4–5).

[15]For more details on this scheme, see (Van Dyck 2006).

[16]Aristotle had claimed that all circular motion is composed of a natural and a praeternatural component. For a detailed analysis, see (Micheli 1995, 41–86).

In itself this is not a very enlightening statement, but we will see in the next section that it actually refers to a subtle understanding of the structure of Archimedes's treatise and its proof procedures. For now, let me just note how even this seemingly casual statement makes it rather hard to see how this could be squared with the category of subalternate sciences, which demands that the subject matter is treated either mathematically or physically (this condition is the only way to guarantee that the requirement of homogeneity is not violated); whereas it does explain why Guidobaldo would have been naturally attracted toward Pappus's more liberal characterisation of the nature of mechanical demonstrations.

It must be noted that Guidobaldo had also opened his *Mechanicorum liber* with a discussion of mechanics operating against nature, in which he claimed that mechanics comes from the union of geometry and physics. But at this point he did seem to understand this union more or less along the lines of the philosophical discussions on the subalternate sciences, as is testified by the fact that he goes on to identify (implicitly) the physical part with the material substrate and the geometrical part with necessary demonstrations. He then further claimed that mechanics exerts control over physical things (presumably because it is understood to apply necessary demonstrations to physical subject matter), by operating against the laws of nature. His short discussion is ended by claiming that mechanics "adversus naturam vel eiusdem emulata leges excercet" (Monte 1577, page 2 of unnumbered preface). This last characterization was translated by Stillman Drake as "[it] operates against nature or rather in rivalry with the laws of nature" (Drake and Drabkin 1969, 241), which is certainly a possible translation. What is obscured in rendering it thus, however, is that the semantic field of "aemulatio" also includes clear notions of imitation besides rivalry (Glare 1996);[17] but it must be admitted that this link is not yet brought out explicitly by Guidobaldo in this discussion. It thus seems that when writing the preface to his *Mechanicorum liber*, Guidobaldo had not yet really thought through how to understand this operation against, or possibly in imitation of, nature. This silence allowed him to introduce a clear echo of the characterization of subalternate sciences in discussing the *praeter naturam* nature of mechanics. It is the conceptualization of mechanical phenomena as introduced in *Mechanicorum liber* itself, however, that provides the clue to understanding this operation in the passage from *Paraphrasis* discussed above. And at this point, "holding control over physical things" no longer comes about by the simple application of geometrical arguments to physical subject matter, but by exploiting some of the physical properties of this

[17] In a famous definition, Cicero clearly links "aemulatio" with "imitation:" "imitatio virtutis aemulatio dicitur" (Cicero 1971). A further interesting occurrence carrying a clear link to imitation is in Claudianus's poem on Archimedes's planetarium, which is cited by Henri Monantheuil in his commentary on the *Mechanical Problems* (Monantheuil 1599, 3–4 of unnumbered preface).

subject matter in a cunning way—by also approaching "natural things through natural considerations, such as those relating to the nature of the center of gravity and motion up and down."

Let us now return to Guidobaldo's exposition of the Archimedean treatise. Before entering into the propositions and their proofs, Guidobaldo deems it necessary to explain two further things in his preface. First it needs to be understood what the proper definition of center of gravity is, and secondly it needs to be explained how Archimedes can treat the center of gravity *of plane figures*.

The absence of a definition of center of gravity in Archimedes's treatise is solved in exactly the same way as in the earlier *Mechanicorum liber* by introducing the definition that Pappus had given to the notion (which is obviously a further token of the great importance of Pappus's treatise in shaping late sixteenth-century views on the scope of mechanics). This definition reads:

> The centre of gravity of any body is a certain point within it, from which, if it is imagined to be suspended and carried, it remains stable and maintains the position which it had at the beginning, and is not set to rotating around that point. (Monte 1588, 9)[18]

Following the example of Pappus himself, Guidobaldo immediately links the existence of such a point within any body with the natural propensity that all bodies have to go to the center of the world. This essential connection is understood if we consider what happens with a body that is hypothetically placed at the center of the world: since it will be absolutely at rest, there must be a point in the body around which all parts of the body have "equal moment" (in phrasing the condition in this terminology, Guidobaldo refers to the alternative definition as given by Commandino, the first part of which states that "the centre of gravity of any solid shape is that point within it around which are disposed on all sides parts of equal moments") (Monte 1588, 9).[19] This is actually the only place where Guidobaldo actually uses the notion of "moment." This situation indeed presents a peculiar configuration (which forced Guidobaldo to switch to a more abstract way of characterizing the situation): the weights are actually weighing along the arms of the balance. This is a kind of cosmological singularity which will later also plague the geostatic debate in the 1630s in France. It brings to mind what Dijksterhuis says in the Archimedean hydrostatical proofs about the peculiar role played by the center of the world (Dijksterhuis 1956, 377–379). The center of the cosmos in both contexts plays the role of absolutely resisting all forces without in itself being a physical point attached to something (if Mersenne had thought this

[18] Translation from (Drake and Drabkin 1969, 259).
[19] Translation from (Drake and Drabkin 1969, 259).

through he undoubtedly could have constructed a beautiful proof of the existence and nature of God). In the end, it points to the difficulty of really building a satisfactory abstract theory of weight *within* a cosmological frame. As long as weight is something internal to bodies, these kinds of problems are bound to crop up, and it is thus this point in which we must think the natural propensity (which gives rise to a body's weight) to be concentrated—because it is actually this point which truly wants to unite itself with the center of the world.

Guidobaldo next introduces a further consideration which is relevant to the relation between mathematical and physical notions (Monte 1588, 11). He states that besides the center of gravity, we can introduce three further centers in our considerations: the center of a figure, the center of a magnitude, and the center of the world. The distinction between the first two is not immediately relevant to our purposes, for which it is only important to notice that they are both mathematical notions. Guidobaldo then considers different scenarios in which all four centers either coincide or differ in different combinations. In the first scenario all centers coincide, which is the case if we consider the earth. This is of course a significant example. The fact that the earth is supposed to have a mathematically determinate spherical form was one of the staple examples in debating the nature of mathematical abstraction in the Aristotelian tradition, and Guidobaldo introduces it by stating that it is acknowledged by everybody. He further refers to Aristotle's *De caelo* and Archimedes *On Floating Bodies* for the fact that the center of the earth's circular form coincides with the center of the world; to which he further adds that the stability of the earth in this position implies that the earth's center of gravity also coincides with these three centers. The discussion of this kind of exemplary scenario brings out the essential dual nature of a body's center of gravity. It is a notion which can be ascribed to every physical body having a natural tendency for motion, but which at the same time is to be connected with some of the mathematical accidents of this body, such as its geometrical form and position. It is this double aspect that lies behind Guidobaldo's earlier quoted assessment that Archimedes's considered mathematical things, such as distances and proportions, through geometrical demonstrations; and that he considered natural things through natural considerations, such as those relating to the nature of the center of gravity and motion up and down. What is clarified through this further discussion is that the notion of center of gravity essentially binds together both kinds of considerations. It is connected with physical properties, such as the equilibrium effects of weight, but at the same time it is to be considered as a mathematical point which can thus be introduced in geometrical demonstrations: just as we can abstract the geometrical spherical form of the earth from its physical makeup, so we can also abstract the geometrical point in which its physical center of gravity is situated. In one of the crucial scholia in which Guidobaldo discusses the Archimedean proof method he expands a bit further on this double nature (Monte 1588, 48–49). He stresses that insofar as the notion is introduced in geometrical proofs, it is to be ascribed to bodies considered as geometrical magnitudes, but that insofar as it is linked directly with effects of equilibrium, it is to be ascribed to these same bodies as heavy. But, he hastens to add, also when we consider bodies as magnitudes, we have to understand that we are dealing with magnitudes *to which heaviness is predicated*—as otherwise the notion of center of gravity would lose all meaning.

In passages like these, Guidobaldo pays considerable attention to the possibility of inscribing mechanics in an Aristotelian framework, with its sophisticated understanding of abstraction as a mental operation, and in doing so, comes close to certain positions defended in the debates on the status of the subalternate sciences. Such an understanding of mathematical abstraction was indeed one of the main factors that lay behind the different views on the relation between subalternating and subalternated sciences (Laird 1983). The main idea was that pure mathematics arose on the basis of the abstraction of quantitative properties from physical bodies; an abstraction that consisted in considering these properties as if they were not in sensible matter (which in reality they are). A science subalternated to mathematics then applies these abstracted properties back to natural things; an application which was understood as the addition (or predication) of a sensible condition, such as weight, to the mathematical magnitudes.

It is thus to the extent that Guidobaldo wants to do justice to the Aristotelian theory of abstraction that his pronouncements fit very nicely with the philosophical debates on the status of subalternate sciences. But it must be stressed that nowhere does he connect this with the further issue of the status of the resulting demonstrations, nor does he claim these demonstrations to be essentially mathematical or physical—a point to be expanded upon in the next section. That is, the ontological status of mathematical entities is a possible point of concern in his mind, but the epistemological requirement of homogeneity (which, one will recall, was the main impetus behind the debate on the subalternate sciences) does not seem to attract his attention.

The fact that we must always consider geometrical magnitudes to which the property of weight is predicated raises a further problem on which Guidobaldo comments in his preface (Monte 1588, 15–18). Indeed, if this is the case, it becomes hard to understand how Archimedes's claim to offer a treatment of the equilibrium of *plane figures* could be well founded, since, as Guidobaldo puts it, such a predicate is completely alien to the nature of plane figures. He tries to dismantle this objection by admitting that insofar as they are plane figures, they indeed have no weight at all, but by stressing that we can still "mentally conceive" plane figures to be equilibrating and thus showing the effects of gravity. He offers three reasons for this view. Firstly, he explains that we can consider any plane figure to be the upper surface of a solid body that is suspended in equilibrium, upon which we can conclude that this plane figure is also in equilibrium. We can moreover designate exactly one point in that surface as the center of gravity of that plane figure, as there will only be one such point from which when suspended the solid will remain at rest. There is thus nothing contradictory in also ascribing a center of gravity to plane figures.[20] Secondly, he asks why it would be legitimate for a mathematician to consider heavy bodies as if they had no weight (which is a point generally acknowledged by Aristotelian philosophers), whereas it would not be legitimate to consider things that have no weight as if they did have it. And thirdly, he remarks that we can easily imagine that a greater plane figure represents a greater weight than a smaller figure, and that we thus can also imagine these plane figures to be in both equilibrium and disequilibrium.

Maybe the most important of Guidobaldo's considerations, however, is that the first eight propositions, which contain the true foundation of the science of mechanics, need not be limited to plane figures (Monte 1588, 19). Guidobaldo thus stresses that Archimedes in these propositions refers to "magnitudes" in general, as this name is common both to solid and plane figures (Guidobaldo even goes as far as having his figures accompanying these propositions alternatively represent solid and plane figures). The restriction to plane figures is thus actually only relevant to the further propositions, introduced to square the parabola, and need not concern anyone who is primarily interested in understanding the foundations of the science of mechanics.

1.5 Demonstrating the Law of the Lever

It was already mentioned how Guidobaldo throughout his preface and commentary stresses the fact that Archimedes's first eight propositions (i.e., up until the law of the lever) provide the true fundaments, or the "elements," of the science of mechanics. It is of course not hard to see why: it is only this law that offers a precise mathematical determination of the conditions for the equilibrium of any balance, and by extension (as demonstrated earlier in *Mechanicorum liber*) the conditions of equilibrium for any simple machine (and thus the ensuing multiplication of force). Guidobaldo's commentaries on the proof of this law accordingly focus on the question of how it is possible to give such a *mathematical* deter-

[20]Luca Valerio would also pay much attention to this problem, more or less taking over Guidobaldo's solution (Napolitani 1982). Baldi also mentions the problem, and again introduces the idea that plane figures are the surfaces of solids. This line of thought implies that the center of gravity of solid figures is prior to that of plane figures, which thus added extra importance to the enterprise of Maurolico, Commandino, Galileo and Valerio to study this topic on which no extant Archimedean writings exist.

mination, and he painstakingly lays out what he sees as the crucial factor in this respect: the peculiar nature of a body's center of gravity as defined by Pappus. It is important to point out immediately that this definition is of a *purely physical* nature, and as such leaves its mathematical determination completely open. Giving such a precise determination is thus exactly the task of the first eight propositions of Archimedes's treatise. Guidobaldo's commentaries accordingly focus on precisely this problem: how does this purely physical characterization allow for a precise mathematical determination? In the preceding section we already saw part of the answer: as a point that is situated in a body, it is linked with some of the body's physical properties (tendency toward motion and equilibrium) but it can also be treated *as* a mathematical point. The important question now becomes: how is it possible to determine further mathematical properties of this point on the basis of nothing more than its physical nature?

At first sight, this might be thought to resemble the crucial question addressed by the philosophers discussing the status of the subalternate sciences—how it is possible to apply mathematical demonstrations to physical things characterized mathematically, so as to demonstrate further mathematical properties of these things? Such a similarity would only hold, however, if the determination of the further mathematical properties (the law of the lever) were based only on the center of gravity being a mathematical point (the only mathematical characterization given at this point), which decidedly can do no justice to Archimedes's demonstration. Whereas the philosophers wonder about the validity of mathematically demonstrating further properties of a thing to which is ascribed any mathematically property, Guidobaldo wants to show (with Archimedes) how it is possible to ascribe a *sufficiently rich* mathematical structure, which can then really ground a fruitful science. And as will becomes clear, this involves both physical argumentation and mathematical demonstration in a two-way interaction which is much too subtle to be grasped by a crude opposition between considering the subject matter *either* as physical or as mathematical.

A more interesting perspective on Guidobaldo's exposition of Archimedes's proof procedure comes to light if we connect it with Mach's well-known criticism of the same proof (Mach 1960, 13–32). Mach famously questioned how Archimedes could possibly determine the conditions for equilibrium of unequal bodies assuming as only input that equal bodies at equal distances are in equilibrium. According to him, the only way in which the inverse proportionally encoded in the law of the lever could be derived from the symmetrical situation was by actually presupposing its validity in the proof itself. The crucial point that he singled out for his criticism was the following:

> Archimedes makes the action of two equal weights to be the same under all circumstances as that of the combined weights acting at

> the middle point of their line of junction. But, seeing that he both knows and assumes that distance from the fulcrum is determinative, this procedure is by the premises unpermissible, if the two weights are situated at unequal distances from the fulcrum. (Mach 1960, 20)

Moreover, Mach adds that assuming it is permissible comes down to implicitly stating the law of the lever. In 1903, G. Vailati had already pointed out that Mach's criticism rested on the failure to see that the "unpermissible" assumption was in all probability grounded in the properties of a body's center of gravity (a notion that was not defined in Archimedes's treatise, but in all probability he had treated in other writings), and that this thus in no way comes down to presupposing the validity of the precise mathematical form of the law of the lever (Vailati 1987).

It is exactly this insight that Guidobaldo had already expounded at great length four hundred years earlier when he tried to explain how the physical properties of a body's center of gravity allow us to give it a precise mathematical determination. Moreover, Guidobaldo clearly recognized that the assumption singled out by Mach is indeed crucial in this respect. The fourth proposition of the Archimedean treatise occupies a central place in Guidobaldo's comments. This proposition states that

> if two equal magnitudes do not have the same center of gravity, then the magnitude that is composed of both magnitudes has its center of gravity in the middle of the line that connects the centers of gravity of the magnitudes. (Monte 1588, 42)

One of the comments Guidobaldo adduces to this proposition is that Archimedes in the earlier propositions (including the postulates) speaks about "gravia" whereas in this and the next propositions he speaks about "magnitudines" (Monte 1588, 48). This is of course intimately related to the double nature of the concept of center of gravity, already commented upon in the previous section. It is both linked with the heaviness of bodies, and the effects following from this property, and a mathematical point located in these bodies. The fact that it is in this proposition that Archimedes switches to mathematical terminology to denote the bodies thus signals to us that we will now enter into the mathematical determination of that point. As Guidobaldo notes, the proof of the fourth proposition itself depends on the second postulate (which states that if equal bodies are suspended at unequal distances, the one that is farther from the point of suspension will move down) and the definition of center of gravity (which implies that a body suspended at its center of gravity will equilibrate). It is thus as a consequence of these two physical facts (depending on the property of heaviness) that we can give a first mathematical determination of a center of gravity: that the common center of two equal bodies is located *in the middle* of the line connecting their centers of gravity. Of course, this is still a rather meager result, and the crucial question raised by Mach concerns how we can move from this symmetrical situation to the asymmetrical situation treated in the law of the lever. Also this question is already taken up by Guidobaldo in his comments on this proposition, however, because it is here that he first expounds on what he takes to be the "argumentandi modus," that is, "huius scientiae maximè proprius" (Monte 1588, 44).

Guidobaldo notes that Archimedes makes a very important move in considering the center of gravity of the magnitude *composed* from the two equal magnitudes. Moreover, and this is absolutely crucial, he stresses that since this is one magnitude, it also has one unique center of gravity—and this must be completely independent of the form of the composing magnitudes (Monte 1588, 43; Van Dyck 2006, 376–381)! But as can be seen from Guidobaldo's comments in a scholium preceding the actual proof of the law of the lever, this insight is enough to undercut Mach's criticism of Archimedes's proof (Monte 1588, 55–58). Remember that Guidobaldo had already interpreted the definition of a body's center of gravity by stating that it is in this point that the tendency toward motion of the body is concentrated. We can thus validly assume that the equilibrium that subsists between two bodies will not be disturbed if we replace one of these bodies with two equal bodies, both half its weight, and placed such that their centers of gravity are equally far from its center of gravity—because it follows from the fourth proposition (quoted above) and the definition of center of gravity that both situations are completely equivalent with respect to the physical causes determining the system's equilibrium (same total weight concentrated in the same place).

That this really undercuts Mach's criticism is clear from the fact that at this point we still have no clue about the actual form of the dependency on the distance from the fulcrum at which a weight in equilibrium is suspended.[21] The form of this dependency in no way entered into the argument securing the validity of the replacement, contrary to what is claimed in Mach's analysis. But the validity of the replacement is indeed enough to prove the law of the lever, starting from the fifth proposition, which is basically an extension of the situation described in the fourth proposition where we now consider an arbitrary number of equal magnitudes placed at pair-wise equal distances. The proof of the law of the lever comes down to showing that if the weights of two magnitudes are inversely as the distances from which they are suspended, then these weights can be distributed over

[21] That there must be some kind of dependency is implied by the second postulate, stating that if two equal weights are suspended at unequal distances, the one farther from the point of suspension will go down.

different smaller magnitudes along the line connecting the original magnitudes' centers of gravity in such a way that it follows directly from this fifth proposition that the common center of gravity of all these smaller magnitudes taken together—and *thus* also of the original magnitudes—coincides with the point of suspension (i.e., we can transform the asymmetric case into a symmetric one). This proof involves two essential ingredients: purely geometrical facts about the relations holding between the distances and the smaller magnitudes in which the original magnitudes are divided (facts which show that it is possible to distribute the weights along the line in such a way that the conditions of the fifth proposition will be satisfied); and the assumption that there is a *mechanical equivalence* between the original situation and the one in which the weights are divided and distributed along the line according to the scheme first made clear in the fourth proposition (but now extended to an arbitrary number of parts).

Guidobaldo's care in laying out the conditions which underwrite the validity of this proof is brought out nicely in some of the editorial interpolations which he interjects in the Archimedean text of the proof (interpolations which go to great lengths, but which, with Guidobaldo's characteristic scruples, are clearly marked by using a different typography).[22] After having shown that the weight of the magnitudes A and B can be distributed along the magnitudes STVX and ZM in such a way that the latter's respective centers of gravity will be in E and D, he states the following (Guidobaldo's interpolations are in italics):

> But *magnitudes STVX are equal to magnitude A, & ZM to B, thus* magnitude A is *as it were [tanquam]* placed at E, and B at D; *for certainly the magnitude A placed at E will behave the same way as do the magnitudes STVX; and B will have the same behaviour at D as the magnitudes ZM*. (Monte 1588, 63)

Guidobaldo thus tries to lay bare the "argumentandi modos" (Monte 1588, 55) of Archimedes, by explicitly stating the condition of mechanical equivalence on which the proof is based. It is especially important to notice the care with which he distinguishes between simply identifying the magnitudes and identifying their mechanical effects, by introducing the important qualifier "tanquam," which is absent in the original text.

It should be sufficiently clear by now why the category of the subalternate sciences can offer no insight into the fundaments of Archimedes's science. A close analysis of the crucial proofs makes clear that we must consider the subject matter as *simultaneously* physical and mathematical. Both the mathematical

[22] The Latin text of Archimedes used by Guidobaldo is taken from the 1544 Basel edition, but with some minor terminological changes (e.g., a consistent use of "aequeponderare," whereas the Basel text also uses the expression "aequaliter ponderare").

properties of magnitudes and the physical equivalence between different situations enter critically in the proof of the law of the lever. Guidobaldo's neglect of this category can thus be further explained by the deep insight that he had into the nature of the Archimedean proof procedure. It moreover shows that he indeed had very good reasons to prefer the characterization of the nature of mechanical demonstrations as given by Pappus.

1.6 Some Perspectives on the Problem of Mathematization and the New Philosophy of Nature

Let me now try to draw together the two main lines of argument from the preceding sections, and then offer some reflections on the significance of Guidobaldo's analysis of the Archimedean proof procedure. To start with, I argued that, at least in some possible interpretations, there exists a potential tension between mechanics being a science of *praeter naturam* effects and it being a science of essentially mathematical demonstrations. We should now be able to see clearly how Guidobaldo's *Paraphrasis* offers an essentially different perspective: it is exactly because in mechanics we exploit a *natural property* ("art imitates nature") that the mathematization of its basic properties is possible (the essential role of the natural properties of center of gravity in validating the law of the lever). The concept of center of gravity thus plays a double role in founding the science of mechanics: it provides the artificial effects with a well-defined ontological place in the Aristotelian cosmos; and in doing so it simultaneously allows the epistemological grounding of the law of the lever.

The first role of the concept can be adduced as further proof that Guidobaldo considered it important to inscribe the mathematical science of mechanics within a broad Aristotelian framework, a concern which is also further testified by his attention to the problems regarding the ontological status of the objects of Archimedes's science. Yet we have also seen his neglect of some of the epistemological worries which arise for applied mathematical theories; most crucially: at no point does he pay any attention to the requirement of homogeneity of demonstrations. As I have tried to show, the latter fact can be perfectly well understood if we see how such a focus would make it very hard to properly understand Archimedes's arguments for the law of the lever. Still, it does point to the fact that Guidobaldo, with all his due respect to Aristotle and the Aristotelians, actually might have helped in sowing the seeds of the demise of the Aristotelian philosophy of nature. The concept of center of gravity could find a comfortable place in the Aristotelian cosmos, but the way of exploiting its consequences in constructing a mathematical theory threatens to violate some crucial Aristotelian epistemological constraints. And this violation would actually lead to the progressive dismantling of the Aristotelian cosmos in the hands of people like Galileo. An important factor in this process was the insight that the science of mechanics actually offered an implicit theory of matter; and this insight, I would argue, is prepared in important ways by Guidobaldo's analysis of Archimedes's particular way of considering his subject matter.

So, what could Galileo have learned from the work of people like Guidobaldo? Not only that *it was possible* to give mathematical explanations concerning physical phenomena, but also something about *what made this possible*.

Maybe the most interesting way to think of Guidobaldo's commentary is thus as an analysis of the conditions under which mathematical principles can be considered to be true of physical things. The apparent necessity of offering such an analysis immediately shows that a purely empirical approach is not considered sufficient. This of course is perfectly understandable, as the mathematical principles state very precise relations which can only be approximated in reality. Moreover, this latter fact implies that we will also be confronted with apparent counterexamples, which implies that we must have further grounds to argue that the latter really are indeed only apparent and that their divergence from the ideal case must be ascribed to disturbances and the like. That this is also Guidobaldo's attitude is testified to by an interesting remark in a letter to Giacomo Contarini in which he stresses that although the addition of a small weight does not set an equilibrated equal-arms balance in motion, this does not render the balance false.[23] This betrays the role played by rational argumentation over and above direct empirical information: we know that this aberrant situation (equilibrium for unequal weights) must be due to impediments such as friction, because we have the rational guarantee that the true cause of equilibrium is equality in weight.

Although a purely empirical approach will thus not suffice to lay the foundations of a mathematical science, it is still important to stress that these foundations do crucially involve empirical input. In the case of Archimedes's law of the lever, this input consists in the essential properties of a body's center of gravity, includ-

[23] "La materia fa qualche resistenza […] la qual [materia] vuol la parte sua ancor lei, e quanto sono più grandi in materia tanto più resiste, sì come si prova tutto il giorno nelle libre che, per picole e giuste che le siano e che habbino pesi da tutte due le bande eguali e giusti, non di meno a un di loro se gli potrà metter sopra et aggiunger un peso di tanto poco momento, come un minimo pezzolino di carta che la bilancia starà senza andar giù da detta parte, né per questo la bilancia sarà falsa; dove è da considerare che la resistanza che fa la materia lo fa quando si hanno da mover i pesi e non quando se hanno da sostenere solamente, perché all'hora l'instrumento non si move né gira; e con queste considerationi la troverà sempre che l'esperienza e la demonstrazione andaranno sempre insieme" (Gamba and Montebelli 1988, 76). The context of this remark is Guidobaldo's claim that the rational principles which hold for a balance in rest can not simply be extended to the balance in motion. I will not discuss this issue further, since it demands, as already mentioned, a thorough treatment in its own right.

ing the mere fact of its existence. As Guidobaldo's own discussions make clear, the essential property is that of what we now call indifferent equilibrium (the fact that a body suspended at its center of gravity will always remain in equilibrium, no matter what its orientation with respect to the horizontal). It is this property, crucially exploited in the analysis of Archimedes's proof, that (pre-emptively) undercuts Mach's criticism: if the center of gravity were not a point of indifferent equilibrium then the form of a body would matter, and the crucial transformations could not be effected in the proof. It is thus very significant that Guidobaldo already opened his *Mechanicorum liber* with a long discussion on the possibility and necessity of indifferent equilibrium. This long passage by Guidobaldo has not always fared well among historians of science and has often been badly misinterpreted.[24] His main goal is to discredit the followers of Jordanus, such as Tartaglia, exactly because they had denied the possibility of indifferent equilibrium. Moreover, he introduces the ill-fated idea that the tendencies to move downwards of bodies must converge at the center of the earth in this same context. That such convergence reflects the true physical situation is something on which he agreed with his opponents, but he shows in detail that it invalidates their explanatory scheme whereas he can accommodate the fact. The often repeated judgement that Guidobaldo denounced the ideas of Jordanus out of a misplaced homage to ancient authors (and a consequent rejection of medieval writers), and because he held on to an idea of absolute mathematical rigor, where this latter aspect would be proven by his insistence on the convergence of the lines of descent, is thus very much mistaken. The at first sight convoluted discussion is directed toward one main goal: showing that it is only the notion of center of gravity that allows one to build the science of mechanics from its very foundations. It is thus also of great significance that Guidobaldo, in a passage added in the Italian translation of his *Mechanicorum liber*, claims to have been able to construct a balance that exhibits indifferent equilibrium (Monte 1581, 28v).[25] This proves empirically that bodies do indeed have a point situated within them that shows the required property, contrary to Jordanus's misguided arguments.

The rigor that Guidobaldo searches is thus not absolute mathematical rigor, which would describe the empirical world in full and hideous detail, but the rigor of any well-founded applied mathematical science. And to ground such a science, one has to select—and possibly stabilize experimentally (e.g., by building a balance that shows indifferent equilibrium)—those properties of the empirical world that can be linked with fruitful mathematical demonstrations. This linkage then requires a second component next to this empirical underpinning. As again

[24]For more detailed discussions, see (Van Dyck 2006; Bertoloni Meli 2006).

[25]This text is in the voice of Pigafetta, but Gianni Micheli (1995, 163–167) has published a letter of Guidobaldo to Pigafetta showing that it is actually due to the former.

shown by Guidobaldo's analysis of the Archimedean demonstrations, the empirical information must be processed in a specific type of conceptual argumentation before mathematical consequences can be drawn from it. We have indeed seen how Guidobaldo takes much care in explaining that the Archimedean proof rests on the device of replacing a body with another body having the same mechanical effect.

At one point, Guidobaldo uses a tantalizing choice of words to express that this relation holds when he speaks about the fact that two bodies, which are suspended at their common center of gravity, are "aequipollent" (Monte 1588, 45). This is a term which in the first place expresses the simple fact that the bodies have equal power, but it was also a term with a well-engrained technical meaning within medieval logic, where it expresses something like truth valued equivalence because of the syntactic features of language.[26] We should of course not make too much out of Guidobaldo's rather casual use of this term in just one place, but even then it offers us a glimpse of things to come. The new mathematical science of nature, which would be developed from Galileo onwards, can be seen as an attempt to systematize these relations of causal equivalence by introducing concepts to denote exactly these cases. These can be transformed into each other without altering the effect, thus actually allowing the construction of a logic that is supposed to do justice to the syntax of the world. A prime example, directly linked to Guidobaldo's use of "aequipollence," is of course the introduction of the concept of "momento" to express the equivalence holding in the case of bodies in equilibrium on a balance.

It is precisely the assumed validity of this kind of substitution that also makes clear in what sense the science of mechanics implicitly offered a new philosophy of matter. Assuming bodies to be equivalent and thus substitutable for each other, on account of no more than the fact that they have the same mechanical effect, cuts across most of the Aristotelian categories for judging the identity of objects. Most importantly, according to Archimedes (as interpreted by Guidobaldo) the mere fact of adding a rigid connection between two bodies already turns them into a body having a natural tendency—as expressed by the center of gravity of the composed body. Accordingly, it is not hard to see how his study of Archimedes's science (possibly with the guidance of Guidobaldo) might have convinced someone like Galileo of the fact that we had to do away with all consideration of substantial forms and the like if we wanted to fruitfully analyze the causal structure of the world, and that the new mathematical philosophy of nature should accord-

[26] To quote from a contemporary of Guidobaldo, who moreover is especially well known because of his mathematical and mechanical work, Maurolico gives the following definition: "Aequipollentia est inter propositiones aequivalentia ut essent unum et idem significantes: ut 'quoddam corpus non est animal' et 'non omne corpus est animal' aequipollent" (§ 74 of *Dialectica Maurolyci*, electronic edition on the webpage of the Maurolico project: http://maurolico.free.fr/introen.htm).

ingly start from matter as something that is purely characterized by its mechanical effects.

So finally, what does this tell us about sixteenth-century mechanics as part of a practical tradition of "subalternate sciences"? Let me first go back to Biener's paper in which it is argued that Galileo's first new science in the *Discorsi* "does in fact fit the structure of arguments in the subalternate sciences" (Biener 2004, 281). According to his convincing analysis, the *First Day* establishes that all en-mattered bodies posses certain properties that can be described mathematically, and the second day (which thus constitutes the proper subalternate science) shows that these mathematical properties entail additional mathematical properties (relevant for establishing facts about the fracture of en-mattered bodies). This analysis throws much light on the apparently confusing structure of the arguments in the *First Day*; and Biener's point that this mode of double argumentation must be placed in some kind of practical tradition can indeed be significantly strengthened by comparing it to the relation between Guidobaldo's *Paraphrasis* and his *Mechanicorum liber*: the first establishes that all equilibrium situations can be described mathematically, and the latter exploits this description to demonstrate further mathematical facts which are relevant for establishing facts about the multiplication of force in all simple machines (again implying that only the *Mechanicorum liber* would constitute a subalternate science). But, if this is the general outlook on the structure of applied mathematical sciences that Galileo inherited from the practical tradition, my analysis points to the fact that in this tradition itself there was already considerable attention paid to the thorny question of how to establish a sufficiently rich and fruitful minor premise (the subject of Guidobaldo's *Paraphrasis*, and later of Galileo's *First Day*). It is here that the true challenge arose for the establishment of mathematical sciences that validly capture physical phenomena; and it is here that the philosophical tradition remained silent, and moreover in this silence obscured the most important insight that Guidobaldo already explicated: that this challenge could only be met by clinching a "modo argumentando" that was truly *sui generis*, being simultaneously mathematical and physical.[27]

Acknowledgements

Part of the research on this paper was done while a visiting researcher at the Max Planck Institute for the History of Science in Berlin. I would like to thank Zvi Biener, Rivka Feldhay and Sophie Roux for their comments on earlier versions of this paper, and especially Roy Laird for making me think harder on some of

[27] One could plausibly argue that the semantic shift toward "mixed" as the name for the category of applied mathematics was at least helped by this insight.

the issues treated here. As always, I would like to acknowledge the fact that this research would not have been possible without the wonderful resources provided by the Archimedes project (http://archimedes.mpiwg-berlin.mpg.de) which provides the full texts of all the early modern books discussed in this paper.

References

Aristotle (1930). Physica. De caelo. De generatione et corruptione. In: *The Works of Aristotle*. II. Oxford: Clarendon.

Baldi, B. (1621). *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes: adiecta succinta narratione de autoris vita et scriptis*. Mainz: Typis & Sumptibus Viduae Ioannis Albini.

Bertoloni Meli, D. (1992). Guidobaldo dal Monte and the Archimedean Revival. *Nuncius* 7:3–34.

— (2006). *Thinking with Objects. The Transformation of Mechanics in the Seventeenth Century*. Baltimore: John Hopkins University Press.

Biener, Z. (2004). Galileo's First New Science: The Science of Matter. *Perspectives on Science* 12:262–287.

Cicero, M. T. (1971). *Tusculan Disputations*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Dear, P. (1995). *Discipline & Experience*. Chicago: University of Chicago Press.

Dijksterhuis, E. J. (1956). *Archimedes*. Kopenhagen: Ejnar Munksgaard.

Drake, S. and I. E. Drabkin (1969). *Mechanics in Sixteenth-Century Italy*. Madison: University of Wisconsin Press.

Feldhay, R. (1999). The Cultural Field of Jesuit Science. In: *The Jesuits: Cultures, Sciences, and the Arts 1540–1773*. Ed. by J. O'Malley. Toronto: University of Toronto Press, 107–131.

Festa, E. and S. Roux (2001). Le 'παρὰ φύσιν' et l'imitation de la nature dans quelques commentaires du prologue des Questions mécaniques. In: *Largo Campo di Filosofare*. Ed. by J. Montesinos and C. Solís. La Orotava: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 237–253.

Gamba, E. and V. Montebelli (1988). *Le scienze a Urbino nel tardo Rinascimento*. Urbino: QuattroVenti.

Glare, P. G. W., ed. (1996). *Oxford Latin Dictionary*. Oxford: Clarendon Press.

Laird, W. R. (1983). *The Scientiae Mediae in Medieval Commentaries on Aristotle's Posterior Analytic*. PhD thesis. Unpublished Ph. D. Dissertation, Toronto.

— (1986). The Scope of Renaissance Mechanics. *Osiris* 2, s. II:43–68.

Laird, W. R. (1997). Galileo and the Mixed Sciences. In: *Method and Order in Renaissance Philosophy of Nature*. Ed. by D. A. Di Liscia, E. Kessler, C. Methuen. Aldershot: Ashgate Publishing Limited, 253–270.

Lennox, J. G. (1986). Aristotle, Galileo and "Mixed sciences". In: *Reinterpreting Galileo*. Ed. by W. A. Wallace. Washington (D.C.): Catholic University of America Press, 29–52.

Machamer, P. (1978). Galileo and the Causes. In: *New Perspectives on Galileo*. Ed. by R. E. Butts and J. C. Pitt. Dordrecht: Springer, 161–180.

Mach, E. (1960). *The Science of Mechanics*. La Salle (Ill.): Open Court Publishing.

Maurolico, F. (1613). *Problemata mechanica*. Messina: Brea.

Micheli, G. (1995). *Le origini del concetto di macchina*. Firenze: Leo S. Olschki.

Monantheuil, H. (1599). *Aristotelis mechanica graeca, emendate, latina facta, & commentariis illustrate*. Paris: Ieremiam Perier.

Monte, Guidobaldo del (1577). *Mechanicorum liber*. Pesaro: Hieronymum Concordiam.

— (1581). *Le mechaniche dell'illustriss. sig. Guido Ubaldo de' Marchesi del Monte: Tradotte in volgare dal sig. Filippo Pigafetta*. Venezia: Francesco di Franceschi Sanese.

— (1588). *In duos Archimedis aequeponderantium libros paraphrasis scholijs illustrata*. Pesaro: Hieronymum Concordiam.

Napolitani, P. D. (1982). Metodo e statica in Valerio. *Bollettino di storia delle scienze matematiche* 2:3–86.

Pappus, A. (1660 [1588]). *Mathematicae collectiones a Federico Commandino Urbinate in Latinum conversae, & commentarijs illustratae*. Bologna: HH. de Duccijs.

Piccolomini, A. (1565). *In mechanicas quaestiones Aristotelis, paraphrasis paulo quidem plenior. [...] Eiusdem commentarium de certitudine mathematicarum disciplinarum*. Venezia: Curzio Troiano Navo.

Popplow, M. (1998). *Neu, nützlich und erfindungsreich: Die Idealisierung von Technik in der Frühen Neuzeit*. Münster: Waxmann.

Tartaglia, N. (1546). *Quesiti et inventioni diverse*. Repr. in facsimile Brescia: Ateneo di Brescia, 1959. Venezia: Venturino Ruffinelli.

Vailati, G. (1987). *La dimostrazione del principio della leva data da Archimede nel libro primo sull'equilibrio delle figure piane*. In: *Scritti*. Ed. by M. Quaranta. Vol. 2. Bologna: Arnaldo Forni, 220–225.

Van Dyck, M. (2006). Gravitating Towards Stability: Guidobaldo's Aristotelian-Archimedean Synthesis. *History of Science* 44:373–407.

Wallace, W. A. (1984). *Galileo and His Sources*. Princeton, N. J.: Princeton University Press.

Chapter 2
Guidobaldo del Monte and Renaissance Mechanics

Walter Roy Laird

To historians of mechanics, Guidobaldo del Monte presents something of a paradox. On the one hand, he attempted to found mechanics on the strictest principles of abstract, Archimedean statics. On the other, he insisted that mechanics was not a purely abstract, mathematical science, but rather was essentially concerned with actual machines. He vigorously criticized Tartaglia (among others) for vainly attempting to separate a mathematical from a physical mechanics, "as if mechanics could be considered apart from either geometrical demonstrations or actual motion."[1] His practical interest in the workings of actual machines has been remarked on by a number of historians, including Alex Keller, Enrico Gamba, Gianni Micheli, and Mary Henninger-Voss; they and others, notably Paul Lawrence Rose, Stillman Drake, and Domenico Bertoloni Meli, have also called attention to Guidobaldo's important role in the sixteenth-century Archimedean revival. These two features of Guidobaldo's mechanics—the practical and the Archimedean—were perhaps his most significant contributions to the renaissance of mechanics in the sixteenth century.[2] But Guidobaldo has also come under considerable criticism from historians, both for his unreasonable demands for an excessive mathematical precision in mechanics, and for his failure to include principles of motion and dynamics. He is notorious, for example, for trying to take account of the convergence of the arms of the balance to the center of the earth, a convergence that is immeasurably small even in the largest balances. For this reason Pierre Duhem dismissed him as a narrow-minded geometer, whose "exaggerated regard for deductive rigour" (le souci exagéré de la rigueur déductive) and his "uncritical admiration of the Ancients" (l'admiration exclusive de anciens) blinded him to the promising results reached through more intuitive reasoning by Jor-

[1] "Ac si aliquando, vel sine demonstrationibus geometricis, vel sine vero motu res mechanicae considerari possint" (Monte 1577, f. **1v; tr. Drake and Drabkin 1969, 245).

[2] See (Drake and Drabkin 1969, 44–48; Rose 1975, 222–242; Keller 1976; Gamba and Montebelli 1988; Bertoloni Meli 1992; Micheli 1992; Gamba 1998; Henninger-Voss 2000; Bertoloni Meli 2006, 26–32).

danus de Nemore, Girolamo Cardano, and Niccolò Tartaglia.[3] More recently, Stillman Drake repeated Duhem's criticisms, but specified that what Guidobaldo had missed in Jordanus and Tartaglia was the general principle that the products of force and virtual displacement are equal for systems in equilibrium. According to Drake, this was because Guidobaldo had insisted that a greater power was necessary to produce motion than equilibrium; and Guidobaldo had excluded all dynamical concepts such as work and virtual velocity from mechanics because he held that Archimedean statics had superseded the dynamical approach of the pseudo-Aristotelian *Mechanical Problems* (Drake and Drabkin 1969, 48). Paul Lawrence Rose went even further, to assert that for Guidobaldo, statics and dynamics were "two entirely separate sciences without common principles" (Rose 1975, 232; see also 233, 234–235, note 2). According to Rose, Guidobaldo

> despaired [...] of there ever being a mathematical science of dynamics and himself erected unbridgeable barriers between dynamics and mathematical statics. (Rose 1975, 229)

But as Maarten Van Dyck has shown in a recent article, Guidobaldo was not so slavish a follower of the ancients, nor so blinded by a concern for mathematical rigour, as Duhem and others have thought. Guidobaldo did take account of the convergence of the ends of the balance, but only to refute the mechanical principles of Jordanus and Tartaglia, which was necessary to defend the coherence of what he saw as the sovereign principle of mechanics, the equilibrium of centers of gravity, understood within an earth-centered Aristotelian cosmos. Van Dyck has thus restored to Guidobaldo's criticisms of Jordanus and Tartaglia their original purpose and intent (Van Dyck 2006). In a similar way, I should like to show how Guidobaldo's so-called failure to include in his mechanics dynamical principles such as virtual velocities was the natural result of his adoption of the equilibrium of centers of gravity as its foundational principle. In other words, I should like to recover the original scope and intent of Guidobaldo's mechanics from the expectations imposed upon it by historians looking back through later developments.

Given that Guidobaldo had adopted the equilibrium of centers of gravity as the sovereign principle in mechanics, how did he attempt to apply it to the actual motion of real machines? And how did his choice of this principle determine the nature and scope of the mechanics that followed from it? To answer these questions I shall first look at the application of the principle to the simple machines in Guidobaldo's *Mechanicorum liber* (1577), his major mechanical work. His other

[3] See (Duhem 1905-1906, I, 209–226; tr. Duhem 1991, 148–159). The phrases quoted are on p. 151 and 159.

published work on mechanics, the *Paraphrase* of Archimedes's *On Plane Equilibrium* (1588), concerns the establishment and mathematical applications of this principle, and so has little to add concerning its mechanical applications, though its Preface contains some interesting comments on mechanics. But in addition to these two printed works, Guidobaldo also made a number of notes on mechanical matters that form part of his unpublished *Meditatiunculae de rebus mathematicis* (musings on mathematical topics), the manuscript of which Guglielmo Libri discovered in the Bibliothèque Nationale, in Paris, and from which he printed a few extracts in 1840.[4] These notes on mechanics, at least some of which were written after the publication of the *Mechanicorum liber*, include both an attempt to recast the pseudo-Aristotelian *Mechanica* in an Archimedean mold, and Guidobaldo's own treatment of the inclined plane. My argument will be that, because the principle of the equilibrium of the balance is Guidobaldo's fundamental principle of mechanics, mechanical motions for him are fundamentally disequilibriums; this means that while equilibrium is a determinate state and thus subject to mathematical exactitude, disequilibrium produces motion, which is thus indeterminate and subject to unavoidable and unaccountable material disturbances. This explains, I think, both the source of his criticisms of Jordanus and Tartaglia, and his apparent neglect of motion and dynamics in his mechanics.

But before I turn to the *Mechanicorum liber*, I should like to sketch briefly the state of mechanics before Guidobaldo. The work that set the scope and program of mechanics and gave the first definitive content to the nascent science in the sixteenth century was the pseudo-Aristotelian *Mechanica* (or *Quaestiones mechanicae*). In its introduction, the *Mechanica* reduced mechanical marvels to the balance and ultimately to the marvelous properties of the circle. Analyzing the movement of the ends of the balance into a natural and a violent or preternatural component, it argued that a power is swifter and thus more effective the greater its natural component over its violent. For this reason a weight or a power is more effective the longer the arm of the balance, since the longer arm partakes more of the natural than the violent movement. This principle of circular movement was then applied to a number of questions, the first few concerning the balance and the lever, later ones taking up the wheel, the wedge, pliers, and the like, including a number of questions on topics such as the motion of heavy bodies, projectile motion, and whirlpools that have little or nothing to do with the principle of circular movement. The *Mechanica* was translated into Latin early in the sixteenth century and was the subject of several commentaries and para-

[4] Paris, Bibliothèque Nationale, fonds lat. ms 10246. See (Drake and Drabkin 1969, 48). The *Meditatiunculae* has been edited by Roberta Tassora (2001), a partial copy of which Pier Daniele Napolitani, who directed the thesis, kindly made available to me after this paper was written; the passages quoted from the *Meditatiunculae* are in my own transcriptions. The mechanical pages of the *Meditatiunculae* are discussed by Tassora (2001, 75–100).

phrases by mid-century, including an influential paraphrase and commentary by Alessandro Piccolomini. It was lectured on at the University of Padua by Pietro Catena in the 1560s, by Giuseppe Moletti in the 1580s, and by Galileo in the 1590s.[5]

At the same time as the pseudo-Aristotelian *Mechanica* was becoming more widely known, the medieval science of weights (*scientia de ponderibus*), represented especially by the works attributed to Jordanus de Nemore, was reintroduced in the sixteenth century, first by Peter Apian's printing of the *Liber de ponderibus* in 1533, and then by Tartaglia's printing of the magisterial *De ratione ponderis* in 1565.[6] For Jordanus, the swiftness and thus the effectiveness of a weight depended on the directness or obliquity of its motion, where motion on the circumference of a larger circle is more direct than motion on a smaller. Significantly, Jordanus recognized that the speeds and the distances of the motions of weights were to be measured along their vertical descents, which led him to the correct solution of the inclined plane and historians to the conclusion that he was, in effect, appealing to the principle of virtual work. For Niccolò Tartaglia, the science of weights from Jordanus provided the principles of the mechanics found in the pseudo-Aristotelian *Mechanica*. Book 7 of Tartaglia's *Quesiti et inventioni diverse* (*Diverse Questions and Inventions*, 1546) was thus devoted to a discussion of the *Mechanica*, while Book 8 established its principles using the science of weights.[7] To the pseudo-Aristotelian *Mechanica* and the medieval science of weights, a third tradition in mechanics was added. By the mid-sixteenth century, the works of Archimedes were already being edited, translated, and assimilated into mathematics, notably by Francesco Maurolico in Messina and Federico Commandino in Urbino. Lacking Archimedes's text, Maurolico (by his own account) reconstructed *On the Equilibrium of Planes* in his brilliant *De momentis aequalibus* (*On Equal Moments*); like Guidobaldo, as we shall see, Maurolico saw equilibrium as providing the foundation for mechanics, which he developed as a commentary on and an extension of the pseudo-Aristotelian *Mechanica*, although neither of his works on mechanics was to be published until the next century.[8] Guidobaldo, on the other hand, knew the *Equilibrium of Planes* in the translation published by Federico Commandino in 1565. But the greatest difference between Maurolico and Guidobaldo was in the scope and content of mechanics: where Maurolico included in mechanics more or less everything in the pseudo-Aristotelian *Mechanica,* Guidobaldo restricted it to Heron's five sim-

[5] On the sixteenth-century tradition of the *Mechanica*, see (Rose 1975; Rose and Drake 1971; De Gandt 1986; Laird 1986).

[6] See (Nemorarius 1533 and 1565).

[7] For Jordanus and the medieval science of weights, see (Moody and Clagett 1952; Tartaglia 1546; excerpts tr. Drake and Drabkin 1969, 104–143).

[8] See (Maurolico 1613; Tucci 2004), on Maurolico's mechanics, see (Laird in press).

ple powers or machines, an account of which he had found in Commandino's translation of the *Mathematical Collection* of Pappus of Alexandria.[9] And from Pappus Guidobaldo also adopted Heron's general challenge for mechanics: to move a given weight with a given power using a machine. Guidobaldo's purpose in writing the *Mechanicorum liber*, then, was to demonstrate the principle of equilibrium of centers of gravity, exposing the errors of those like Tartaglia who relied on the science of weights, and then to apply this principle in turn to explain each of the five simple machines in order to answer Heron's challenge.

The *Mechanicorum liber* thus has six parts or treatises, the first devoted to the demonstration of the principle of equilibrium of the balance, the subsequent five to the lever, pulley, wheel and axel, wedge, and screw. The first part has already been treated elsewhere in detail by Vico Montebelli (1988) and by Maarten Van Dyck (2006). To their accounts I should like to add only that the source and foundation of Guidobaldo's criticism of Jordanus and Tartaglia seems to have been that, in attributing mechanical effects to the swifter or slower speeds of more or less direct or oblique motions, they had mistaken effects for causes. For according to Guidobaldo, they simply could not demonstrate that a weight on the end of beam is heavier when the beam is horizontal than at any other position, since its straighter or swifter movement at the horizontal position is merely a sign (i.e., a result) rather than a cause; nor do they prove that the weight is heavier by its *being* at that place, but only by its *departing from* that place.[10] For the true foundation of mechanics is not direct or oblique motion, according to Guidobaldo, but Archimedes's principle of the equilibrium of centers of gravity. In the Dedicatory Letter of the *Mechanicorum liber*, Guidobaldo stated that in Archimedes's *Equilibrium of Planes* "all the theories of mechanics are gathered as in an abundant store."[11] And in the Preface to his later *Paraphase* of *On the Equilibrium of Planes*, he wrote that "the whole of mechanics depends on this sole and foremost foundation," that is, on the principle that in equilibrium the weights are inversely as the distances.[12]

That speed and motion are results, not the causes, of equilibrium and disequilibrium Guidobaldo states explicitly in the corollary to Proposition 6 of the first treatise, *De libra* (On the Balance). In Proposition 5 Guidobaldo had proved

[9] On Commandino's edition and translation of Pappus's *Mathematical Collection*, and Guidobaldo's role in its publication, see (Rose 1975, 209–213).

[10] See (Monte 1577; tr. Monte 1581; tr. Drake and Drabkin 1969, 267–268).

[11] "Eruditissimus tamen libellus de aequeponderantibus prae manibus hominum adhuc versatur, in quo tanquam in copiosissima poenu omnia fere mechanica dogmata reposita mihi videntur" (Monte 1577, f. **1r; tr. Drake and Drabkin 1969, 244).

[12] "Tota mechanica facultas tanquam unico, praecipuoque fundamento innititur" (Monte 1588, 4); the Preface is edited and translated into German in (Frank 2007), the quotation is on p. 118; the translation quoted here is by Rose (1975, 234).

the central theorem of equilibrium, that weights are in equilibrium when their distances from the center are inversely as their weights. In Proposition 6 he then proves that equal weights weigh in proportion to their distances from the center. And from this follows the corollary that, since the farther a weight is from the center of the balance the heavier it will be, so its motion will be the swifter. Relegated to a corollary, speed and motion are thus the results, not the causes, of greater or lesser heaviness.[13]

Having established in these first propositions the principle of the equilibrium of the balance, Guidobaldo then applied it in turn to each of Heron's five simple powers or machines—the lever, pulley, wheel and axel, wedge, and screw. In each case, he used the principle to find the power needed to sustain the load in equilibrium; he then assumed that actually to move the load would require a somewhat greater power. In the case of the lever, he stated this as follows:

> For the space of the power has the same ratio to the space of the weight as that of the weight to the power which sustains the same weight. But the power that sustains is less than the power that moves; therefore the weight will have a lesser ratio to the power that moves it than to the power that sustains it. Therefore the ratio of the space of the power that moves to the space of the weight will be greater than that of the weight to the power.[14]

The conditions of equilibrium having been established, motion is produced only by the addition of some indefinite amount of power. Notice that Guidobaldo has no aversion to comparing the spaces moved by powers and weights, in exactly the way that Jordanus and Tartaglia did. But for Guidobaldo, these spaces and motions are the results of the disequilibrium caused by an indefinite increase of power; they are not themselves the causes.

In the treatises on the pulley, on the wheel and axel, and on the screw, Guidobaldo also introduced the time taken to move the weight and its speed, noting that the more easily a power can move a weight, the more slowly it does so.[15]

---

[13] See (Monte 1577, ff. 30v–36r; tr. Monte 1581, ff. 29v–33v; tr. Drake and Drabkin 1969, 296, proofs omitted).

[14] "Percioche lo spatio della possanza allo spatio del peso ha la medesima proportione, che il peso alla possanza, che sostiene il detto peso. Ma la possanza, che sostiene è minore della possanza che move, però haurà proportione minore alla possanza che lo move, che alla possanza, che lo sostiene. Lo spatio dunque della possanza che move allo spatio del peso haurà proportione maggiore, che il peso all'istessa possanza." See (Monte 1577, f. 43r–v; tr. Monte 1581, f. 39v; tr. Drake and Drabkin 1969, 300).

[15] See (Monte 1577); *De trochlea*, Prop. 28, Cor. 2, f. 107 v; tr. (Monte 1581, 101 v; tr. Drake and Drabkin 1969, 317); *De axe in peritrochio*, Prop. I, Corollary [3], f. 110r; tr. (Monte 1581, f. 106 r; tr. Drake and Drabkin 1969, 319); *De cochlea*, Prop. 2, Corollary, f. 128 r; tr. (Monte 1581, f. 125 r; tr. Drake and Drabkin 1969, 326).

He thus fully understood the central principle of Galileo's mechanics, but with this crucial difference: he saw it as an effect, rather than as a cause.[16]

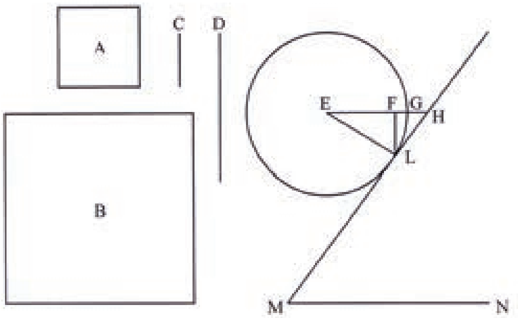


Figure 2.1

In his treatises on the wedge and on the screw, Guidobaldo cited Pappus's theorem on the inclined plane, since both the wedge and the screw can be reduced to inclined planes, and Pappus reduced the inclined plane to the lever and thence to the balance. But significantly, Guidobaldo did not present Pappus's theorem, although Pigafetta added it in the commentary to his Italian translation; it is possible that Guidobaldo was not happy with Pappus's proof, and that he omitted it from his Latin text for this reason.[17] Pappus had assumed that a certain power C is needed to move a sphere of weight A on a horizontal plane, and then undertook to determine the power needed to sustain the same weight on an inclined plane (see Figure 2.1). This he did by placing one end of a horizontal balance at the center E of the sphere, the other on its circumference at G, and the fulcrum F directly above the point of contact L between the sphere and the plane. The weight of the sphere acts at its center E, so that the balance is in equilibrium and the sphere is at rest on the plane when this weight is counterbalanced by a second weight B applied at G such that the ratio of weights is the inverse ratio of their distances EF and FG from the fulcrum. Next, he assumed that the ratio of a power D, needed

[16]For Galileo's statement of the principle, see (Galilei 2002, 45–47); tr. (Drabkin and Drake 1960, 147–149).

[17]Guidobaldo, *Mechanicorum liber*, *De cuneo*, f. 115 r, tr. (Monte 1581, f. 110 r; tr. Drake and Drabkin 1969, 321); *De cochlea*, [Prop. 2], ff. 126 r–127 r; tr. (Monte 1581, ff. 121 r–122 r; tr. Drake and Drabkin 1969, 325–326).

to move the second weight B on a horizontal plane, to the power C, needed to move the original weight A on a horizontal plane, will be equal to the ratio of the weights B to A. The power necessary to move the sphere up the plane, then, is the sum of these two powers C and D.[18]

In the *Meditatiunculae*, Guidobaldo sketched his own version of Pappus's theorem on the inclined plane, although with several significant differences. Like Pappus, Guidobaldo reduced the inclined plane to the lever, though he extended his proof to include all three classes of levers (see Figures 2.2 a, b and c). Now, because he was interested only in finding the sustaining power, not the moving power, he does not assume, as did, that a certain power is needed to move the weight on a horizontal plane. Instead, he simply finds the ratio of the sustaining power to the weight of the body as Pappus did, by placing them on the unequal arms of the balance. And he completely omits Pappus's crucial last step, of finding the power of moving the second weight on a horizontal plane and adding it to the power of moving the original weight. This means that the sustaining power actually has to be equal to or greater than the weight of the sphere itself for planes that place the fulcrum more than half way from the center of the sphere, and that on a vertical plane it becomes infinite. Pappus's theorem at least gives an intuitive approximation of how much power is needed to move a body up an inclined plane, though it too implies that the power needed to move the body up a vertical plane is infinite; Guidobaldo's theorem produces paradoxical results for all but the shallowest planes. His note at the end, that, if the fulcrum is located directly above or below the center of the sphere, the sustaining power should be equal to the weight of the sphere, suggests that he was aware of this consequence and wanted to correct it (see Figure 2.2d).[19]

[18] See (Monte 1581, ff. 121 r–v; tr. in part in Drake and Drabkin 1969, 325–326); as Bertoloni Meli pointed out (Bertoloni Meli 1992, 25, note 42), Drake's translation mistakenly prints H instead of G throughout; Pappus's full proof can be found in translation in (Cohen and Drabkin 1958, 194–196); a discussion of Guidobaldo's use of Pappus's proof can be found in (Bertoloni Meli 2006, 35–37).

[19] The proof is as follows: "Ducatur GH horizonti equidistans, cui ad rectos angulos ducatur CH, DK, sitque in hoc circulo constituenda potentia spheram sustinens in G. Sphera vero secetur per centrum et per C, plano horizonti erecto, quod quidem in sphera circulum efficiat maximum ABC. Sphera enim ABD habeat centrum D, que subiectum planum EF horizonti inclinatum in C contingat. Potentia invenire que datam spheram subjectum planum horizonti inclinatum tangentem in dato puncto sustineat. Oportet vero potentiam ita in sphera constituere ut circulus maximus per potentiam, et tactum transiens sit horizonti erectus. Intelligatur itaque GH vectis, cuius fulcimentum est in H, cum planum EF spheram tangat in C. Pondus vero in K esset appensum. Cum enim D sit centrum gravitatis sphere, erit perinde, ac si in K esset appensum ex dictis in tractatu de vecte nostrorum mechanicorum. Quam vero proportionem habet GH ad HK, ita fiat gravitas sphere ad potentiam in G. Potentia igitur in G cognita erit. Ac in prima quidem figura erit primus modus vecte, in secunda secundus, in tertia tertius. Notandum tamen quod si potentia esset in G, ita ut ducta horizonti perpendicularis per centrum sphere D transiret, ut DG tunc potentia totam sustineret spheram ac propterea ipsi equalis existeret.

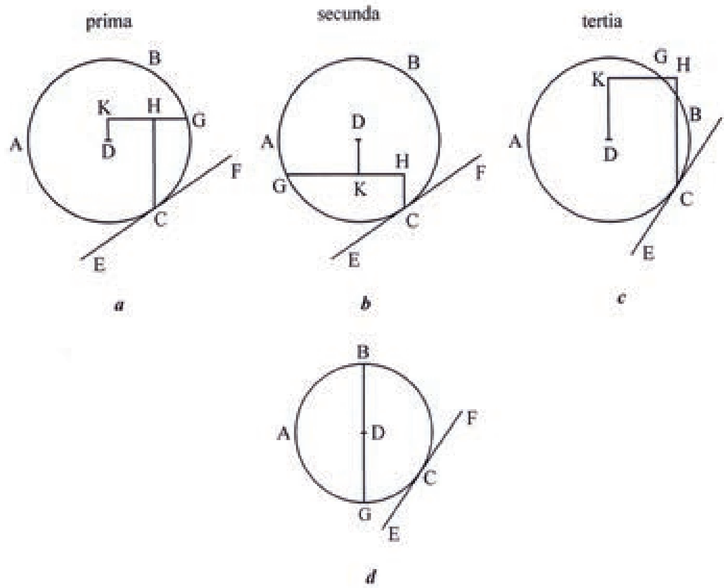


Figure 2.2

Despite his general emphasis on equilibrium, motion and its effects do find their way into his mechanics, notably in his treatment of the wedge, but only as secondary causes. In the *Mechanicorum liber*, after attempting to reduce the wedge to a pair of levers and thus account for its effectiveness, Guidobaldo adds the power of the blow striking it as another explanation. The power of the blow, he explains, depends both on the weight of the hammer and the distance through which the hammer moves, which is greater the longer the handle. The longer the handle, then, effectively the heavier the hammer and so the stronger the impulse of the blow. So far these effects can be seen to arise from the properties of the lever and thus the balance. But then he adds that the effectiveness of the wedge also arises in part from the very strong force of percussion, citing Question 19 of the *Mechanica*, which in fact his explanation echoes. Here he has moved en-

Veluti in puncto quoque B ob eandem causam" (Guidobaldo del Monte, *Meditatiunculae de rebus mathematicis*, Paris, BNF, fonds lat. ms 10246, 64; see Tassora 2001, 302–303).

tirely away from equilibrium as the cause of a mechanical effect and invoked the unexplained power of percussion.[20]

Each of the separate treatises on four of the five simple machines ends with Heron's problem, that is, to find the conditions under which a given weight can be moved by a given power using each machine. In the case of the wedge, however, Heron's program breaks down. With a wedge, according to Guidobaldo, any given power cannot move any given weight, since any given power cannot move any given weight by means of an inclined plane, though he does not explain exactly why. Further, since a wedge is in effect two opposing levers, as it splits the load the fulcrums of these levers themselves move and thus fail to maintain a constant ratio of load to power. In his general comment at the end of his translation of the *Mechanicorum liber*, Pigafetta explains that the wedge and the screw, unlike the other machines, are suitable only for moving weights, not for sustaining them; and,

> Since the powers that move may be infinite [in number], one cannot give a firm rule for them as may be done for the power that sustains, which is unique and determined.[21]

In fact, this is true for all of the machines, for while the conditions for equilibrium in each case are determinate and subject to an exact mathematical rule, the conditions for motion are many and indeterminate and thus in principle are unknowable with any precision.

According to Guidobaldo, Archimedes had clarified the principles of mechanics by accepting the explanations in the pseudo-Aristotelian *Mechanica* for the power of the lever, but then went further to discover and to demonstrate the exact relation between weights and distances, which is the sole foundation of mechanics.[22] In the *Meditatiunculae*, he in fact attempted to prove several of the questions from the *Mechanica* using Archimedean principles. The first two of these are headed *Questiones Aristotelis de libra aliter demonstrate* (Aristotle's questions on the balance demonstrated in another way) and begin with a single supposition: *centrum gravitatis deorsum tendere* (the center of gravity tends downwards). In the two propositions that follow, Guidobaldo proves the stability of equilibrium of a balance supported from above, and the instability of one supported from below, by appealing to the position of the balance's center of

[20] See (Monte 1577, f. 118 v–119 r; tr. Monte 1581, f. 114 r–v; tr. Drake and Drabkin 1969, 322–323); on the force of percussion, see (De Gandt 1987; Laird 1991; Roux 2010).
[21] "Percioche essendo, che le possanze lo quali movono possano essere infinite, non sene puo assegnare ferma regola, come si farebbe della possanza, che sostiene, laquale è una sola e determinata." See (Monte 1581, f. 127 v; tr. Drake and Drabkin 1969, 328); the insertion is mine.
[22] See (Monte 1588, 4; Frank 2007, 118; see Rose 1975, 234).

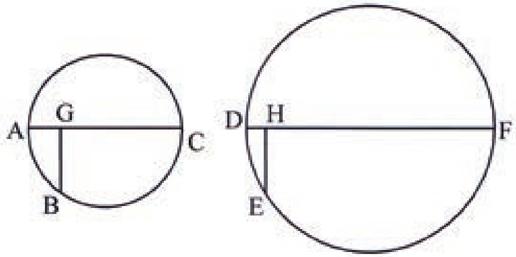


Figure 2.3

gravity; these proofs are in effect identical to those in the *Mechanicorum liber*. In the note that follows them, he criticises Alessandro Piccolomini's *Paraphrase* in its Italian translation, and he refers to his own *Mechanicorum liber* of 1577, which shows that he was writing this after 1582, when the Italian *Paraphrase* was printed.[23] On the next two pages there follows a proposition effectively the same as Proposition 6 of the treatise on the balance of the *Mechanicorum liber*.[24] Some twenty pages later, Guidobaldo offered a fuller proof of Aristotle's Question 1, why larger balances are more exact than smaller. This proof makes no appeal to centers of gravity, but relies entirely on considerations of motion. First he demonstrates as a lemma, citing the appropriate propositions from Euclid, that of two equal lines GB and HE dropped perpendicular from the diameter to the circumference, the line GB in the smaller circle has a smaller ratio to GA than the line HE in the larger to HD (see Figure 2.3). Then he applies this lemma to the balance by showing that when a longer and a shorter balance are deflected an equal vertical distance, in the motion of the longer arm there is a greater proportion of natural (vertical) motion to preternatural (radial) motion, so that the larger balance is easier to move and is moved more swiftly in the same time by the same power (see Figure 2.4).[25] What is significant about this proof is its appeal exclusively to motion and displacement rather than to centers of gravity.

[23] Del Monte, *Meditatiunculae*, 30; see (Tassora 2001, 266).
[24] Del Monte, *Meditatiunculae*, 31–32; see (Tassora 2001, 267–268).
[25] Del Monte, *Meditatiunculae*, 55–56; see (Tassora 2001, 292–293); a similar proof is given by Giuseppe Moletti in his unpublished *Dialogue on Mechanics* of 1576, for an edition and English translation of which see (Laird 2000, 97–99).

Figure 2.4

Guidobaldo's attempt to take into account the material resistance of real machines comes up in several notes inspired by questions in the *Mechanica* concerned with wheels. Question 11 of the *Mechanica* asked why weights are more easily moved on rollers than on wheels despite the fact that rollers are smaller in diameter than wheels; the answer there was because wheels are subject to friction at the axel. Pietro Catena, in his *Universa loca* of 1556—and presumably also in his now-lost lectures on the *Mechanica*, which Guidobaldo heard in Padua in 1564—had added to this "physical" explanation a "truly demonstrative" geometical proof supposedly showing that rollers, with their smaller diameter, make less contact with the ground than wheels do and so encounter less resistance to rolling. Guidobaldo came to the opposite conclusion: with the help of a geometrical lemma, he showed why it is in fact easier for a larger wheel to roll over an obstacle of the same size than for a smaller wheel (see Figure 2.5). Treating the obstacle effectively as an inclined plane, he reduced the problem to the lever, again invoking Pappus's theorem on the inclined plane.[26]

But in a variation of Question 9 of the *Mechanica*, Guidobaldo attempted to take account of the friction of the axel mentioned in Question 11. He asks why weights are in practice more easily moved with larger wheels, meaning in this case on a windlass. He imagines two equal weights suspended from A and C on the circumferences of two unequal wheels concentric around center G (see Figure 2.6). Since the weights at A and C are equal, the powers needed to sustain them in equilibrium at D and B will also be equal. But to move the weights, additional power must be added at D and B, since the axel resists motion because of contact and friction, which Guidobaldo represents as a load applied at E. Since the ratio of BG to FG is greater than the ratio of DG to FG, less power must be added at B

[26]See (Catena 1556, 81–83; del Monte, *Meditatiunculae*, cit., 60–61; Tassora 2001, 298–300); that Guidobaldo heard Catena's lectures, see (Rose 1975, 222).

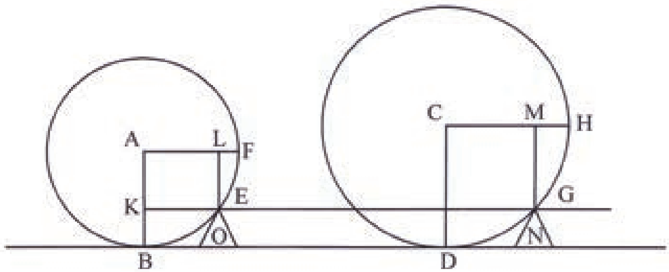


Figure 2.5

to overcome this resistance than at D. Thus weights are moved more easily with larger wheels.[27]

These fragments are apparently all that he wrote, or all that survive, in his attempt to reduce the pseudo-Aristotelian *Mechanica* to Archimedean principles, and they are, at best, a mixed success. But they show several important features of his approach to mechanics: they show his general determination to bring mechanical effects under Archimedean principles (though on occasion he resorted to motion and speed), and they show how he tried to take into account the material resistance of real machines. And the material resistance of real machines lies at the heart of Guidobaldo's attempt to exclude motion from the causes and principles of mechanics. A letter he wrote to the mathematician Giacomo Contarini in 1580, the substance of which he repeated shortly afterwards in a letter to Filippo Pigafetta, the Italian translator of the *Mechanicorum liber*, offers a clue to this. Both Contarini and Pigafetta had raised doubts about theoretical results contained in the *Mechanicorum liber*, since they did not seem to conform to experience. In his reply to Contarini, Guidobaldo asserted that, if a balance in equilibrium fails to move when a slip of paper is added to one of its weights, it is not therefore inaccurate:

> where one must consider that the resistance that the material makes is made when weights are to be moved and not when they are merely to be sustained, because then the machine neither moves nor turns.[28]

[27] Del Monte, *Meditatiunculae*, 59; see (Tassora 2001, 297–298).

[28] "dove è da considerare che la resistanza che fa la materia lo fa quando si hanno da mover i pesi e non quando se hanno da sostenere solamente, perché all'hora l'instrumento non si move né gira."

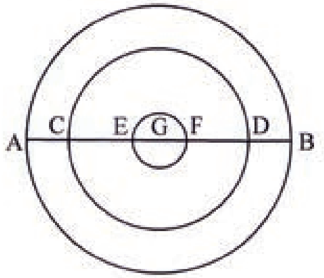


Figure 2.6

Because resistance arises only when there is motion, according to Guidobaldo, a balance in equilibrium corresponds exactly to abstract mathematical theory; but to disturb that balance, to set it into motion, is to introduce all the irregularities and uncertainties of matter. And working machines are precisely such disturbed equilibria.[29] This view of motion as the result of disturbed equilibrium and as subject to unaccountable material hindrances seems to lie at the root of his rejection of the dynamical tradition of mechanics represented by Jordanus and Tartaglia. Since motion is the *result* of disequilibrium, it cannot be the *cause* of either equilibrium or disequilibrium. And once equilibrium is disturbed, the resulting motion is indeterminate because of the material hindrances it is subject to. However true their conclusions, then, the fundamental error of Jordanus and Tartaglia was to mistake effects for causes.

Guidobaldo's main contribution to the renaissance of mechanics in the sixteenth century was to take the vague and wide-ranging scope of mechanics suggested by the pseudo-Aristotelian *Mechanica* and restrict it to Archimedean explanations of Heron's five simple machines. In his attempt to found a demonstrative, mathematical science of mechanics, the sole principle he recognized was the principle of the equilibrium of centers of gravity as established by Archimedes. Only equilibrium is susceptible to exact mathematical treatment;

Guidobaldo del Monte to Giacomo Contarini, Pesaro, 9 October and 18 December 1580, ed. Antonio Favaro (1899-1900); quoted in part in (Gamba and Montebelli 1988, 75–76); for the letter to Pigafetta, see (Keller 1976, 28).
[29] On this point see (Van Dyck 2006, 398–399).

motion and speed, since they are the results of disequilibrium and are subject to material hindrances, are in principle indeterminate and thus unknowable with any great precision. But they can be known to some extent, and mechanics is the science of knowing the actual motions and effects of real machines within these natural limits. This, I think, accounts for the apparently paradoxical nature of Guidobaldo's mechanics, with its insistance on both extreme mathematical rigour and actual practical machines. As for impetus and percussion—themselves merely the results of motion—they seem to lie outside of Guidobaldo's mechanics, and in this sense Rose's conclusion about his unbridgeable barrier between statics and dynamics holds true. If there could be an exact science of motion that included such things—and Guidobaldo's notes on projectile motion and falling bodies suggest that he did not entirely despair of one[30]—it would be entirely separate from the science of real machines that he attempted to establish on Archimedean principles.

References

Bertoloni Meli, D. (1992). Guidobaldo dal Monte and the Archimedean Revival. *Nuncius* 7:3–34.

— (2006). *Thinking with Objects. The Transformation of Mechanics in the Seventeenth Century*. Baltimore: John Hopkins University Press.

Catena, P. (1556). *Universa loca in Logicam Aristotelis in mathematicas disciplinas*. Venezia: F. Marcolini.

Cohen, M. R. and I. E. Drabkin (1958). *Source Book in Greek Science*. Cambridge: Harvard University Press.

De Gandt, F. (1986). Les mécaniques attribuées à Aristote et le renouveau de la science des machines au XVIe siècle. *Les études philosophiques* 3:391–405.

— (1987). L'analyse de la percussion chez Galilée et Torricelli. In: *L'Œuvre de Torricelli: Science galiléenne et nouvelle géometrie*. Ed. by F. De Gandt. Nice: Les Belles Lettres, 53–77.

Drabkin, I. E. and S. Drake (1960). *Galileo Galilei On Motion and On Mechanics*. Madison: University of Wisconsin Press.

Drake, S. and I. E. Drabkin (1969). *Mechanics in Sixteenth-Century Italy*. Madison: University of Wisconsin Press.

Duhem, P. (1905-1906). *Les origines de la statique*. Paris: Hermann.

— (1991). *The Origins of Statics*. Dordrecht: Kluwer.

[30] See, for example, his notes on bodies falling through resisting media (Guidobaldo, *Meditatiunculae*, 41–42) and on the path of projectiles (op. cit., p. 236); see also (Tassora 2001, 90–93, 181–186, 281–283, 545–547).

Favaro, A. (1899-1900). Due lettere inedite di Guidobaldo del Monte a Giacomo Contarini. *Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti* 59, Part 2:303–312.

Frank, M. (2007). *Das erste Buch der In duos Archimedis aequeponderantium libros paraphrasis von Guidobaldo dal Monte*. München: Schriftliche Hausarbeit, Ludwig-Maximilians-Universität.

Galilei, G. (2002). *Le mecaniche*. Ed. by R. Gatto. Firenze: Olschki.

Gamba, E. (1998). Guidobaldo dal Monte, matematico e ingegnere. In: *Giambattista Aleotti e gli ingegneri del Rinascimento*. Ed. by A. Fiocca. Firenze: Olschki, 341–351.

Gamba, E. and V. Montebelli (1988). *Le scienze a Urbino nel tardo Rinascimento*. Urbino: QuattroVenti.

Henninger-Voss, M. (2000). Working Machines and Noble Mechanics: Guidobaldo del Monte and the Translation of Knowledge. *Isis* 91:233–259.

Keller, A. G. (1976). Mathematicians, Mechanics and Experimental Machines in Northern Italy in the Sixteenth Century. In: *The Emergence of Science in Western Europe*. Ed. by M. Crosland. New York: Science History Publications, 15–34.

Laird, W. R. (1986). The Scope of Renaissance Mechanics. *Osiris* 2, s. II:43–68.

— (1991). Patronage of Mechanics and Theories of Impact in Sixteenth-Century Italy. In: *Patronage and Institutions: Science, Technology, and Medicine at the European Court, 1500-1750*. Ed. by B. T. Moran. Woodbridge, Suffolk: Boydell-Brewer, 51–66.

— (2000). *The Unfinished Mechanics of Giuseppe Moletti*. Toronto: University of Toronto Press.

— (in press). Francesco Maurolico and the Renaissance of Mechanics. In: *Archimede e le sue fortune*. Ed. by R. Moscheo and V. Fera.

Maurolico, F. (1613). *Problemata mechanica*. Messina: Brea.

Micheli, G. (1992). Guidobaldo del Monte e la Meccanica. In: *La matematizzazione dell'universo*. Ed. by L. Conti. Assisi: Edizione Porziuncola, 87–104.

Montebelli, V. (1988). Il problema dell'equilibrio della bilancia nella polemica di Guidobaldo dal Monte con il 'Goto'. In: *Le scienze a Urbino nel tardo Rinascimento*. Ed. by E. Gamba and V. Montebelli. Urbino: QuattroVenti, 213–259.

Monte, Guidobaldo del (1577). *Mechanicorum liber*. Pesaro: Hieronymum Concordiam.

— (1581). *Le mechaniche dell'illustriss. sig. Guido Ubaldo de' Marchesi del Monte: Tradotte in volgare dal sig. Filippo Pigafetta*. Venezia: Francesco di Franceschi Sanese.

— (1588). *In duos Archimedis aequeponderantium libros paraphrasis scholijs illustrata*. Pesaro: Hieronymum Concordiam.

Moody, E. and M. Clagett (1952). *The Medieval Science of Weights (Scientia de Ponderibus)*. Madison: University of Wisconsin Press.

Nemorarius, J. (1533). *Liber de ponderibus*. Ed. by P. Apian. Nürnberg: Petrus Apianus.

— (1565). *Jordani opusculum de ponderositate Nicolai Tartaleae studio correctum*. Venezia: Curtius Troianus.

Rose, P. L. (1975). *The Italian Renaissance of Mathematics*. Genève: Droz.

Rose, P. L. and S. Drake (1971). The Pseudo-Aristotelian Questions of Mechanics in Renaissance Cultures. *Studies in the Renaissance* 18:65–104.

Roux, S. (2010). Quelles mathématiques pour la force de percussion? In: *Mathématiques et connaissance du monde réel avant Galilée*. Ed. by S. Rommevaux. Montreuil: Omniscience, 243–285.

Tartaglia, N. (1546). *Quesiti et inventioni diverse*. Repr. in facsimile Brescia: Ateneo di Brescia, 1959. Venezia: Venturino Ruffinelli.

Tassora, R. (2001). *Le Meditatiunculae de Rebus Mathematicis di Guidobaldo del Monte*. Ph. D. thesis. Università di Bari.

Tucci, R. (2004). *Il De momentis aequalibus di Francesco Maurolico: una proposta di ricostruzione della sua stratificazione testuale*. Tesi di Laurea. Università di Pisa.

Van Dyck, M. (2006). Gravitating Towards Stability: Guidobaldo's Aristotelian-Archimedean Synthesis. *History of Science* 44:373–407.

Chapter 3
Guidobaldo Del Monte's Controversy with Giovan Battista Benedetti on Positional Heaviness

Jürgen Renn and Pietro Daniel Omodeo

3.1 Introduction

Guidobaldo del Monte's handwritten notes on scientific and technical matters *Meditatiunculae de rebus mathematicis* contain, among other things, a criticism of the basic principles of mechanics set down by Giovan Battista Benedetti in *De Mechanicis*. This was printed as the third section of his book *Diversarum speculationum mathematicarum et physicarum liber* (Turin, 1585). Both Benedetti and del Monte are central figures in the history of sixteenth-century science: Benedetti provided an important source for understanding the struggles of early modern engineer-scientists with the ancient heritage of mechanical knowledge from Aristotle, Archimedes and others, whereas del Monte can be regarded as the leading expert on mechanics of the generation before Galileo. Del Monte also authored of one of the most influential texts on mechanics of the early-modern period, the *Mechanicorum liber* (Pesaro, 1577). Del Monte's remarks on Benedetti's book document a disagreement over the conceptual foundations of mechanics and are thus worthy of close consideration for their historical and theoretical meaning.[1]

Let us briefly recapitulate the biographies of the two protagonists of this controversy. Guidobaldo del Monte was born on 11 January 1545 in Pesaro in the territories of the Duke of Urbino. He was taught mathematics by Federico Commandino, who also instilled in him a love of the classics, especially Archimedes. In 1577, del Monte published his first book, the *Mechanicorum liber*, a comprehensive work on mechanics dealing with the five simple machines: the lever, the pulley, the wheel and axle, the wedge and the screw, whose properties were in

[1] This chapter draws on a talk delivered by Jürgen Renn and Peter Damerow entitled "Guidobaldo's marginal notes on Benedetti's *Diversarum speculationum*." It presented for the first time del Monte's marginal notes in his copy of Benedetti's *Diversae speculationes*. These marginal notes have meanwhile been published with a commentary in the Edition Open Access series of the *Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge* under the title *The Equilibrium Controversy*. The loss of our dear colleague Peter Damerow has forced us to shift the focus of this contribution.

turn derived from those of the balance and the lever. In 1581, this work was translated into Italian. In the role of intermediary and patron, del Monte furthered the career of young Galileo, in particular by securing appointments for him, first in Pisa and then in Padua. In later life, del Monte pursued his scientific studies and made scientific instruments at the family castle in Montebaroccio until his death in 1607. In 1592, the year of his move to Padua, Galileo visited del Monte at Montebaroccio and together they performed the experiments on projectile motion that led to the discovery of the law of fall (Renn, Damerow, and Rieger 2001). On that occasion, and possibly even earlier, they must have also discussed foundational issues of mechanics, including Benedetti's approach. The *Meditatiunculae*, bearing witness to del Monte's familiarity with Benedetti's work, is an assembly of writings on a variety of subjects ranging from sundials, astronomy, geometry, perspective, mechanics to optics.[2]

The second protagonist of our controversy, Giovanni Battista Benedetti was born in Venice on 14 August 1530. He was first educated by his father and, according to a brief autobiographical remark of Benedetti, later studied the first four books of Euclid's *Elements* under the guidance of Niccolò Tartaglia, probably between 1546 and 1548. Tartaglia may have also introduced the young Benedetti to the problems of mechanics as he had treated them in his own book, *Quesiti et inventioni diverse* (1546). In 1558, Benedetti joined the court of Ottavio Farnese, the duke of Parma, as an engineer-scientist, and in 1567 moved to Turin to the court of Emanuele Filiberto, the duke of Savoy. He died in Turin on 20 January 1590. Before publishing his major work on mechanics, *Diversarum speculationum mathematicarum et physicarum liber* in 1585, he had written a number of works dealing, among other topics, with geometrical problems, falling bodies and sundials. *Diversae speculationes* first appeared in Turin and was reissued in Venice in 1586 and in 1599. The work comprises the following six treatises: on arithmetical theorems, on perspective, on mechanics, on certain opinions of Aristotle (in particular, the theory of motion), on the fifth book of Euclid and on physical and mathematical problems.[3]

A recent analysis of the Renaissance controversies on equilibrium centers on the edition of the marginal notes that del Monte made in his personal copy of Benedetti's book (Renn and Damerow 2012). Against the background of this study, it is now possible to reassess the historical and theoretical significance of the pertinent remarks made by del Monte in his *Meditatiunculae*. These remarks are very close to the marginal observations he made in his copy of Benedetti's

[2] A first analysis and an overview of del Monte's handwritten work has been carried out by Roberta Tassora in her Ph.D. dissertation (Tassora 2001). This is freely available from the ECHO website at http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/content/mpiwglib/pesaro/#tassora.

[3] The last treatise is dealt with in many letters.

Diversae speculationes, so that the two sets of texts appear to illuminate each other. We will therefore discuss these *marginalia* and the passages of the *Meditatiunculae* on Benedetti at the same time. Moreover, between the folios of the *Meditatiunculae* in question (ff. 145 and 146), dealing with chapters two and three of Benedetti's *De Mechanicis* respectively, one finds an inserted sheet (f. 145*bis*) with a drawing of Galileo's famous comparison of the inclined plane with the bent lever. This insertion does not seem to be cursory since the problem of the bent lever is also relevant for del Monte's analysis of Benedetti's passages. Additionally, del Monte's familiarity with *Diversae speculationes* as well as his criticism of Benedetti's viewpoints sheds new light on a controversial issue of the history of science: the relationship between Benedetti and Galileo. These documents in fact bear indirect evidence of Galileo's acquaintance with the theories of Benedetti. At the same time, they explain his reluctance to mention Benedetti who was regarded critically by Galileo's friend and supporter del Monte.

3.2 The Incipit of Benedetti's *De mechanicis*

Benedetti's book on mechanics begins with a brief introduction that is significant in that it reveals a strong "modernist commitment." The author is convinced that the advancement of science is a future-oriented process in which novelty plays a crucial role. As a scholar of mechanics, he acknowledges to owe much to the work of past generations (*scripserunt multi multa*). Yet, he maintains that nature and practice (*natura ususque*) always bring to light something previously unknown. Accordingly, he promises to provide those interested in mechanical problems (*his qui in hisce mechanicis versantur*) with new insights or, in his words, "things that have never been tried nor explained with sufficient accuracy before" (Benedetti 1585, 141). The importance that he attaches to his treatise *De mechanicis* is evidenced by his hope and expectation that future generations would remember him for his scientific achievements in the field of mechanics. Before dealing with the foundational principles of mechanics, Benedetti stresses the unprecedented originality of his contributions but makes no explicit reference to any forerunners or contemporary scholars. Del Monte, who had published his *Mechanicorum liber* only a few years earlier, would undoubtedly have been offended by this omission. In addition, Benedetti's "progressivist" conception of scientific research potentially contrasted the past-oriented idea of knowledge as a restoration that prevailed during the Renaissance. This aspect could also mark a profound disagreement between his own and del Monte's (and the Commandino school's) purist understanding of science as a restoration of classical sources through accurate philological and mathematical work in the wake of Archimedes.

3.2.1 *Pondus* and *Gravitas*

The first section of Benedetti's *De mechanicis* presents the basic thesis that the weight of a body placed at the extremity of a balance varies in relation to the different inclinations of the beam. This idea goes back to the medieval *scientia de ponderibus* and, in particular, to the work of Jordanus Nemorarius (thirteenth century) who authored a very influential text on weights, the *Liber de ponderibus* (1533). At the beginning of chapter one of his book on mechanics, Benedetti talks of a varying quantity of heaviness, or gravity (*gravitas*), belonging to a weight (*pondus*) or a body placed on a balance beam. The terminological distinction between *pondus*, as a kind of absolute weight or heavy thing, and *gravitas*, as a downward tendency that can act with more or less force on the body (depending on the inclination of the beam), is not rigorous. Benedetti treats the *pondus* at times as the varying quantity to be taken into consideration, as is shown by expressions like "*proportio ponderis in C ad idem pondus in F*" and "*unde fit [...] pondus magis aut minus grave*," in *De mechanicis*, chapter II (Benedetti 1585, 142). Given these semantic fluctuations, we will translate *pondus* as "body" or as "weight" and *gravitas* as "heaviness" or as "weight," depending on the context.

The essentialist meaning Benedetti attaches to the term *pondus* can be traced back to an implicit scholastic background: *pondus* is a "substance" (in the Aristotelian meaning of *hypokeimenon*) while *gravitas* is its "accidental" property, which can be increased or diminished without affecting the essence. In other words, we are confronted with an Aristotelian treatment of quantity (in this case the *gravitas*) as the propriety of an entity (in this case the *pondus*), whose degree of heaviness varies in a qualitative manner.

The profound relation of Benedetti's conception with scholastic Aristotelianism emerges even more clearly when one considers that the concept of *gravitas secundum situm* from which his conception derives was itself shaped by Aristotelian logic. More specifically, the concept of *gravitas secundum situm* can be understood as having been introduced in thirteenth-century mechanics to avoid fallacies that could arise without such a differentiation and specification of the concept of weight.

Aristotle dealt with such fallacies in *On Sophistical Refutations*, V (166b36–167a14). The fallacy relevant to the medieval differentiation of the concept of weight is the *fallacia secundum quid*, referring to erroneous reasoning based on inappropriate generalization. Petrus Hispanus, a contemporary of Jordanus Nemorarius, explained the meaning of this fallacy in his logical treatise *Tractatus sive Summule Logicales* (Hispanus 1972, 157–158). In this book, *secundum quid* means either a "diminution" of a concept through restriction of its definition (*secundum quid et simpliciter*), or the designation of a subject through one of its parts or characteristics (*denominatio totius per partem*). A fallacy *secundum* *quid* occurs if an identity is established between something considered in a particular respect and the same thing considered absolutely (that is, *simpliciter*). For instance, the existence of a depicted animal does not imply the existence of the animal *simpliciter*. Thus, the argument "*est animal pictum [...] ergo est animal*" is fallacious.[4]

The analogy with the concept of *gravitas secundum situm* is evident: according to the doctrine of positional heaviness, weight must be considered in a particular respect, that is, in dependence of its collocation. Just as a general concept has sometimes to be subjected to a restriction of its meaning (*diminutio*) by considering it *secundum quid* before any conclusions can be drawn, so the concept of weight has also to be specified with regard to its collocation before reaching any conclusions, for example, about the equilibrium of a balance.

It should be remarked that according to scholastic logic the determination of heaviness *secundum situm* does not allow conclusions to be made about the absolute weight of a body. The acknowledgment of the relativity of weight, depending on the specification, would eventually undermine Aristotelian natural philosophy on the basis of considerations derived from Aristotelian logic. Benedetti for instance, connected the relativity of heaviness not only to positional heaviness, but also to the medium in which a body is submerged and moves. In the fourth book of *Diversae speculationes*, entitled *Disputationes de quibusdam placitis Aristotelis*, he famously based his treatment of the motion and the fall of bodies through a medium on Archimedean hydrostatics. This theoretical background permitted him (as later Galileo) to relativize heavy and light, depending on the density of the medium. Moreover, he considered the resistance of the medium as a factor to be taken into account in dynamics and thereby reassessed the existence, and even the necessity, of void in nature. Paradoxically, Benedetti (and later Galileo) attached to this Archimedean research agenda a clear anti-Aristotelian significance, although as we have shown, the idea of determining weight *secundum quid* (the *quid* being a factor like position or medium) was directly derived from Aristotelian concepts.

3.2.2 *De mechanicis*, Chapter I: "On the different positions of the beams of a balance"

In chapter I, Benedetti notes that "a body (*pondus*) [...] acquires a larger or smaller weight (*gravitas*) depending on the different ratio of the beam's position" (*pondus [...] maiorem, aut minorem gravitatem habet, pro diversa ratione situs ipsius brachii*). According to Benedetti, a body has the greatest heaviness when the

[4] We are grateful to Dominik Perler for a helpful discussion of this point, as well as for his suggestions of pertinent literature.

beam at whose extremity it is loaded is in the horizontal position. His idea is based on a simple common-sense intuition: if one considers an equal-arms balance suspended at its center, the weight of a loaded body:

- is borne entirely by the fulcrum when resting vertically upon it,
- is entirely hanging on the fulcrum when suspended vertically below it,
- is not supported in any way by the fulcrum when the beam is in the horizontal position.

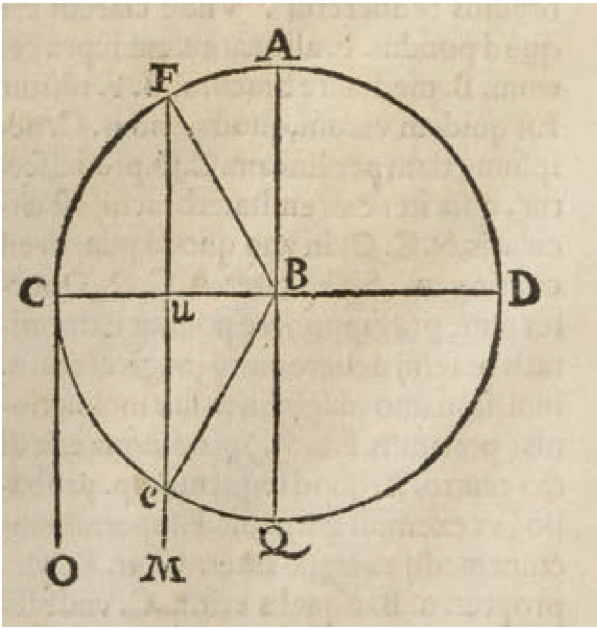


Figure 3.1: Figure in Benedetti's *De mechanicis*, Chapters I and II.

In the first case, the body completely rests or leans on the center (*nititur*), and the center in turn hinders (*impellet*) the downward tendency of the weight. In the second case, the body is suspended vertically (*pendet*) and the center "attracts" it (*attrahet*), in the sense that it hinders its natural tendency to fall down (*inclinatio*). Hence, the body attains its maximum weight in the third case. If the beam of a balance moves upward, departing from the horizontal position, the weight slowly decreases and reaches its minimum at the top when the beam is in the vertical position. If the rotatory motion around the fulcrum continues, now downward, the weight increases again until it reaches its maximum in the horizontal position. It then diminishes until it is suspended entirely below the fulcrum. Benedetti visualizes these variations of weight in dependence on the position (*situs*) thanks to a diagram comparing the lines connecting the weight to the center of the world in different cases, and precisely if the beam:

- is horizontal,
- is raised upward, or
- (which is equivalent to the second case) is moved downward with the same angle as in the second case.

The parallel lines, called *lineae inclinationis* or *lineae itineris*, indicate the direction in which a body would fall if it were free. The closer these lines are to the center of the beam, Benedetti says, the "less heavy" the body becomes (Figure 3.1).

In his copy of Benedetti's book, del Monte wrote a brief annotation in the margin of chapter one: "this first chapter is derived entirely from our treatise on the balance in the *Mechanicorum liber*."[5] Clearly, he vindicated the relevance of his treatise for Benedetti's speculations, in spite of the latter's claims of originality. It should be remarked, however, that del Monte's treatment of the balance, based on the concept of center of gravity, was significantly different from Benedetti's, which was based on an original reworking of *positional heaviness*. For del Monte though, he merely reassessed a concept received from authors such as Jordanus Nemorarius, Tartaglia and Cardano, all of whom he personally opposed. In his book on mechanics, del Monte had in fact criticized the concept of *positional heaviness*. Downplaying Benedetti's theory as a repetition of his predecessor's theories, he could therefore claim that his own treatment already included a résumé (as well as a criticism) of Benedetti's approach.

3.2.3 *De mechanicis*, Chapter II: On the proportion of weights at the extremities of a balance beam in a position other than the horizontal

In chapter II, Benedetti deals with the proportions of a weight placed at the extremity of a balance beam if its position is not horizontal (*De proportione ponderis extremitatis brachii librae in diverso situ ab orizontalis*). The thesis to be demonstrated is the following: "The proportion between [the weight of] a body (*pondus*) at *C* and [the weight of] the same body (*pondus*) at *F* corresponds to that between the whole beam *BC* and its part *BU* which is [set on the beam *BC* and is] delimitated by the fulcrum and the [intersection between the beam and the]

[5] "Hoc primum caput to[tum] desumptum est a n[ostro] *Mechanicorum libri* tractatu de lib[ra]."

inclination line *FUM* that connects the weight at *F* to the center of the world" (Benedetti 1585, 142. Figure 3.2).

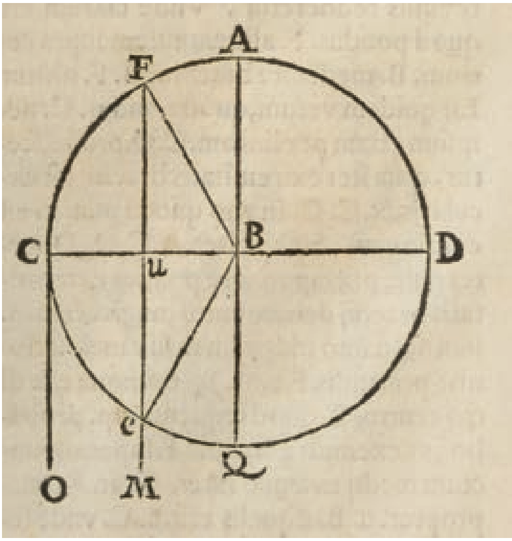


Figure 3.2: Benedetti discusses in *De mechanicis*, chapter II, the same figure as in *De mechanicis*, chapter I.

For the sake of simplicity, we represent these relations symbolically, in modern terms:

$$C : F = BC : BU$$

where C is the weight in the horizontal position and F in the inclined position; BC is the beam and BU the part of the beam BC between the center B and the perpendicular line drawn from F.

Benedetti's demonstration is as follows. He imagines placing a weight D on the other extremity of the balance that has the same proportion to C as F, that is, the following proportion expressed in modern terms:

$$D : C = BU : BC.$$

In accordance with Archimedes's *De ponderibus* I.6, the balance will be stable if the weight C is loaded at U since weights and distances from the fulcrum are proportional by supposition.

The next step is to show that $F : C = BF : BU$ (where BF is the beam, hence $BF = BC$). In order to demonstrate this, Benedetti resorts to the mental model (*imaginemur*) of a string hanging vertically from F to which a weight equal to C is suspended. He claims that it is visually evident that the weight has the same effect at F as at U. The same is valid for the case in which the weight is suspended from U and intersects the circumference described by the rotation of the beam at a point E. In both cases, the balance would remain horizontal since the weight C at F, U or E would balance the weight at D. Benedetti further argues that the balance under consideration can be treated like a bent lever with a horizontal and an inclined arm (*FBD* or *EBD*): "*si brachium* BE *consolidatum fuisset [...]*" (If the beam *BE* was made solid [...]).

The author concluded that his reasoning has satisfactorily demonstrated his thesis: "A body (*pondus*) is more or less heavy (*grave*) the more or less it hangs from (*pendet*) or rests on (*nititur*) the fulcrum" (Benedetti 1585, 142). And he deems this resting on or hanging from the fulcrum to be the most direct cause (*haec est causa proxima, et per se*) of the positional changing of a weight.

As an additional commentary, Benedetti remarks that in his diagram he supposes the inclination line *CO* to be perpendicular to *CB* and parallel to *BQ*, whereas *CO* and *BQ* in fact converge at the center of the sphere of the elements (*centrum regionis elementaris*), that is, the Earth. But for the sake of his present argumentation, this angle is negligible and one may remain with the assumed perpendicularity and parallelism. Benedetti thus developed a method to quantify positional heaviness that corresponds to the modern concept of "torque."

3.3 Del Monte's Rebuttal of the Negligibility of the World's Center

As will be shown in the following, only in his initial treatment of the inclined balance did Benedetti neglect to consider the convergence of the inclination lines to the center of the elements, that is, in chapter one of *De mechanicis*. This omission gave rise to criticism in the *Meditatiunculae* by del Monte, who, to dispel Benedetti's reasoning in *De mechanicis*, chapter I, did not accept his premises. Rather, he assessed Benedetti's arguments from his perspective, relying on the idea of center of gravity as developed in his own book on mechanics.

A marginal note by del Monte documents his disagreement with Benedetti's conclusion: "Thus, in this manner, a weight (*pondus*) more or less hangs from or rests on the center; this is the next cause and the [cause] in itself [of the variation in heaviness]."[6] As a marginal note (Figure 3.3), he wrote:

> because that [that is, the greater or smaller extent to which a weight rests at the center] is neither the next [cause] nor the [cause] in itself. For the weight at *F* of the arm *BF* is not equally heavy as the weight *U* of the arm *BU*; nor is the weight at *E* of the arm *BE* equally heavy as the weight at *U* of the arm *BU*. Thus, this entire demonstration is false.[7]

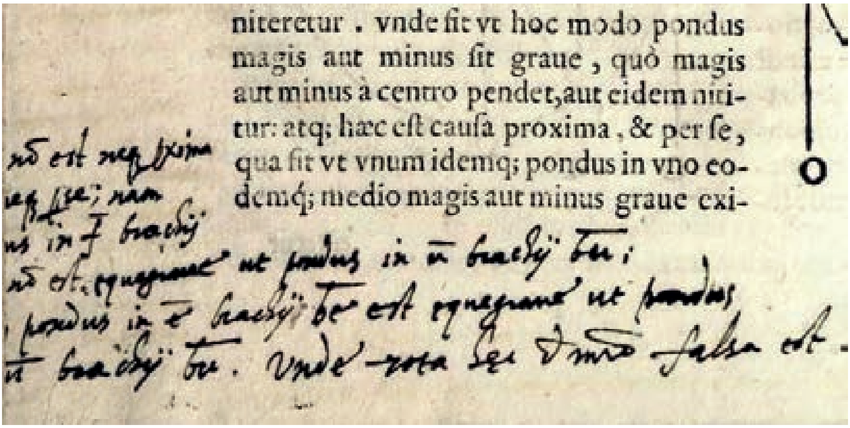

niteretur . vnde fit vt hoc modo pondus
magis aut minus sit graue, quò magis
aut minus à centro pendet, aut eidem niti-
tur: atq; hæc est causa proxima, & per se,
qua fit vt vnum idemq; pondus in vno eo-
demq; medio magis aut minus graue exi-

Figure 3.3: Del Monte's marginal note to *De mechanicis*, chapter II.

This means that del Monte did not accept the claim that a weight is equally heavy in different positions on the beam of the balance, provided the projections of the beam along the horizontal are the same length or rather, as Benedetti writes, the distances between the projections of the beam on the horizontal and the center have the same lengths.

To find del Monte's counter-arguments, we shall look to the *Meditatiunculae*, f. 145, *Contra Cap. 2 Jo. de Benedicti de Mechanicis*. As mentioned, he basically rejected Benedetti's perspective by objecting that he did not take into

[6] "[…] unde fit ut hoc modo pondus magis aut minus a centro pendet aut eidem nititur: atque haec est cause proxima, et per se [...]."

[7] "non est neque proxima neque per se; nam [pond]us in *F* brachii [*BF*] non est equegrave ut pondus in *U* brachii *BU*; [nec] pondus in *E* brachii *BE* est equegrave ut pondus [in] *U* brachii *BU*. Unde tota haec demonstratio falsa est" (Renn and Damerow 2012, 207).

due account the finite distance of the weights from the center of the world and hence the fact that the plumb lines are not parallel to each other, as Benedetti assumed in this part of his treatise.

In his diagram (Figure 3.4), del Monte compared the line *LUS* parallel to the line *AQ*, connecting the fulcrum *B* of the balance with the center of the world *M*, with the line *FM* connecting the upper weight *F* and the lower weight *E* with the center of the world *M*. *S* is the point at which the line *LUS* meets the circle that the beam makes around the fulcrum, which is above the position of the lower weight *E*.

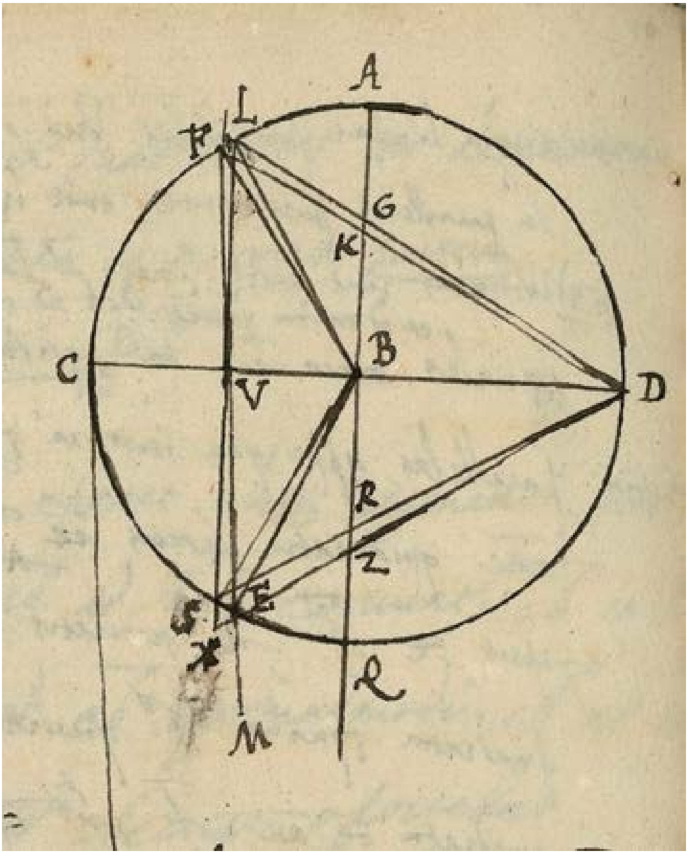


Figure 3.4: Del Monte's reconsideration of Benedetti's analysis of the bent lever.

He next considered a bent lever made of the oblique arm *BS*, rigidly connected to the straight arm *BS*, assuming that *BU* is half *BD*. If a weight is now placed at *S* that is double the weight at *D*, the bent lever will be in equilibrium, as del Monte showed with reference to his book, because the center of gravity of the weights at *S* and at *D* will be at the point *R*, which will be in its lowest place on the vertical line *BQ*. He therefore concluded that it is the weight at *S*, but not the lower weight *E*, that will be equally heavy as the weight at *U*.

He proceeded to demonstrate this in greater detail by considering the proportions in which the line connecting the two weights is cut by the perpendicular *BQ* for the two cases, that is, the weight placed at *S* and the weight placed at *E*. Del Monte concluded that the same weight is heavier at *S* than at *E*. He then turned to a closer consideration of the upper weight *F*. Again he constructed a bent lever *LBD* in equilibrium in order to compare it with the bent lever formed with the upper weight *F*. Again he showed that the weight is heavier at *L* than at *F*.

Del Monte concluded by summarizing that the entire fallacy is due to Benedetti assuming that the weight at *F* would gravitate in the same way as at *U*, which would only be the case, according to del Monte, if it were to hang freely.

3.4 Benedetti's Generalization: From Weights to Forces

Chapter three of Benedetti's *De Mechanicis* contains a generalization of the results of chapter two or, rather, presents a general rule concerning the action of forces (*virtutes*) on the beams of a balance, also in the case that they do not act vertically downward but also with an acute or obtuse angle (Figure 3.5). Benedetti resumes the result of the previous chapter as follows: the length of the line perpendicularly connecting the center to the line of inclination (the line *BU* in the diagram) allows the quantity of the positional force (*quantitas virtutis [...] in [...] situ*) of a weight (*F* in the diagram) to be established. Thus, Benedetti calls the positional weight a force and this is the presupposition to generalize from *gravitas* the action of what he calls *virtutes moventes*, or "moving forces." The thesis of this chapter is summarized in its title: "That the quantity of any given weight (*pondus*) or moving force in relation to another quantity can be determined thanks to the perpendicular projections connecting the center of the balance to the line of inclination."

Benedetti draws two diagrams showing a balance at whose extremities two weights or forces act in different directions. At the left extremity *B*, a weight *E* has a downward tendency while, at the right extremity, a weight *C* acts making an acute or an obtuse angle. According to Benedetti, the length of the perpendicular projection drawn from the center to the inclination line, *OT*, permits the determination of the distance *OI* on the beam at which the same force acting vertically downward produces the same effect. Given this equation, Benedetti can determine how much the force acting in a non-perpendicular direction has to be augmented in order to balance an equal weight acting perpendicularly on the opposite beam. This measure is given according to the following proportion (expressed in modern terms):

$$E : C = BO : OI$$

where E is the weight acting vertically on the extremity B; C is the *virtus movens* acting on the opposite extremity A with an angle; BO is the left beam and OI the part of the right beam OA determined as explained above.

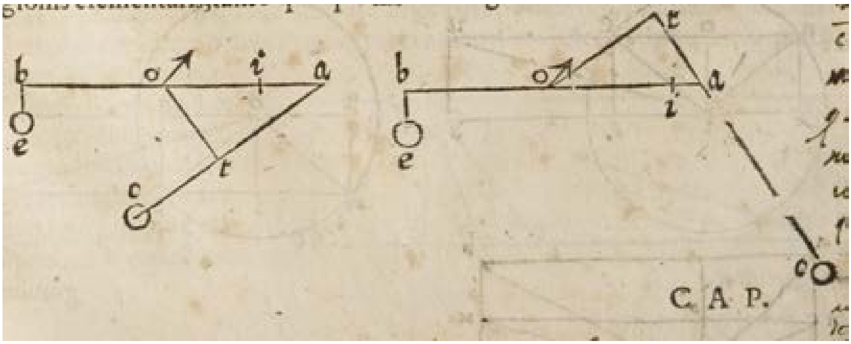


Figure 3.5: Benedetti's representation of forces acting on a balance in arbitrary directions.

In his argumentation, Benedetti thus equates a balance (BOI) with a bent lever (BOT). Accepting this equation, he concluded that, according to commonly shared knowledge (*communi quadam scientia*), the weights or forces that are required to obtain a perfect balance can easily be calculated.

The chapter ends with a cosmological corollary: "The closer the center O of the balance is to the center of the elementary sphere, the less heavy (*minus grave*) it becomes." In fact, the angles between the beam and the inclination lines become progressively smaller.

3.5 Del Monte's Misunderstanding

In his notes on folio 146 of the *Meditatiunculae*, del Monte grappled with Benedetti's instructions of how to determine positional heaviness in the case of forces acting in an arbitrary direction. These he refuted at length under the erroneous assumption that Benedetti had claimed forces can be indiscriminately replaced by weights. Like Benedetti, del Monte considered a bent lever *BOAC* with fulcrum *O*, weights *E* and *C*, a straight arm *BO* and a bent arm *OAC* to discuss the two cases of an acute and an obtuse angle *BAC* (Figure 3.6).

He first recapitulated Benedetti's procedure, assuming that a vertical line *OT* drawn from the fulcrum to the line *AC* represented the oblique arm of the bent lever. He stated that when the weight *C* is placed at the end of the horizontal line *OI*, whose length is the same as that of the perpendicular *OT*, according to Benedetti it will be in equilibrium with the weight *E* if the weight *C* is to the weight *E* as is *BO* to *OT* or *OI*. Del Monte then summarized Benedetti's claim that when a force represented by the weight *C* acts along the line *TC*, the bent lever formed by the straight arm *BO* and the oblique arm *OTC* will also be in equilibrium, which he doubted.

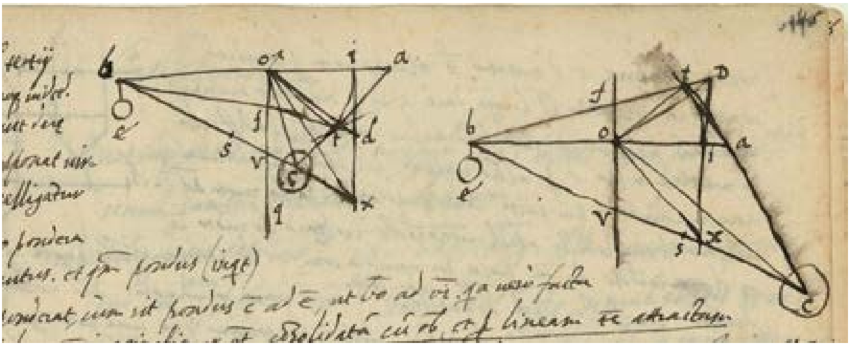


Figure 3.6: Del Monte's critical reworking of Benedetti's representation of forces acting on a balance in arbitrary directions.

Del Monte reformulated this claim by stating that the same weight *C* will be in equilibrium with the weight *E*, whether it is placed on the straight balance *BOI* or on the broken bent lever *BOTC*. He thus replaced Benedetti's conception of a force acting along an oblique line with that of a weight always tending downward and as a result arrived at absurd conclusions.

Del Monte then showed that the same weight will be heavier on the horizontal at point *I* than along the bent lever at *T*, demonstrating that the bent lever *TOB* will not be in equilibrium if the straight lever *BOI* is in equilibrium. To show this, del Monte again proceeded by finding the center of gravity of the weights *E* and *C* placed at *T*. More precisely, del Monte determined a position for the weight *C* where the bent lever is in equilibrium, a position, however, that is distinct from *T*. Thus it follows that *T* cannot be the position of equilibrium. For this purpose, he extended the line *BT* to *D*, just beneath *I*, so that it is immediately evident that if the weight *C* is placed at *D*, the center of gravity of the two weights will be just beneath the fulcrum.

Using the same pattern, he continued by showing that the bent lever *BOC* cannot be in equilibrium because its center of gravity *S* can never fall on the perpendicular line *OU* through the fulcrum. Finally, he applied this argument to the broken bent lever *BOTC*. Del Monte next addressed the case in which the bent lever is characterized by an obtuse angle *BAC*, showing that the weight at *T* is lighter than the weight at *I*. In his concluding remarks, however, he began to waver. Once again, he stated that Benedetti is completely mistaken when applying his procedure to weights. But he did admit that this may be true when dealing with a force.

As an afterthought, del Monte once again criticized Benedetti's appeal to common sense: he did not feel this to be worthy of an expert mathematician. And as a second afterthought, he constructed an extreme case in which it is immediately clear that the broken bent lever cannot be in equilibrium if weights are attached to it rather than forces.

The following considerations enable del 's marginal annotations to Benedetti's *De Mechanicis*, chapter III, to be understood. These are not perfectly legible, but nonetheless their meaning becomes clear in light of the *Meditatiunculae*:

> If we understand that a weight is at *C*, as we can assume from his own words, then *CT* must also be understood as being solid [and connected with] the solid lines *TO* […] If we hence understand that *C* is a weight and not moving, [the proposition] is false. If it is understood that *C* moves as […] of a man, it can be true, since what moves is not a weight. [But] if he himself assumes in the following that [this] can be demonstrated [also for a weight], nothing […] therefore as is evident in chapter 7. All demonstrations of the author are founded on these two chapters inasmuch as they are the first fundaments of mechanics; once their falsity is recognized, everything is rejected.[8]

[8] "si intelligamus p[ondus] in *C*, ut supponi p[otest] ex verbis ipsius, intelligendum est *C*[*T*] quoque consolidatam consolidatis *TO* […]. Unde si intelligamus *C* pondus et non movens, falsa est i[ta]que si intelligatur *C* movens ut homi[…] vera esse pote[st] quod [deleted: non] moveat non esse pondus s[i...] ipse [vero] in sequenti accipiat [hoc atque ponderi?] posse demonstratum quare nihil […] ut patet in 7 cap. In his duobus cap. fundantur omnes authoris demonstrationes ita ut sunt praecipua

3.6 On Tartaglia: Diverging Approaches

Del Monte's and Benedetti's criticisms of Tartaglia's conception of positional heaviness help us to understand where these two scholars converge and diverge on the issue of the equilibrium (or lack of equilibrium) of a balance deflected from its horizontal position, and also the reasons for the presumed equilibrium or tendency to restore it. Moreover, their arguments reveal a different attitude toward the medieval tradition of the *scientia de ponderibus* and the *gravitas secundum situm*.

3.6.1 The Tradition of Jordanus, Tartaglia and Cardano

The concept of *gravitas secundum situm*, or positional heaviness, was extensively employed in Jordanus Nemorarius's *Liber de ponderibus*. Del Monte owned and annotated a sixteenth-century Nuremberg edition of the book, commented and illustrated by Petrus Apianus. Del Monte's handwritten annotations document his general disagreement with the approach of this scholastic forerunner, who did not know the Archimedean concept of center of gravity and tried therefore to develop a deductive science of weights relying solely on the Aristotelian theory of motion.[9] We have already hinted at the Aristotelian conceptuality underlying the concept of *gravitas secundum situm*. In his book, Jordanus stated that a deflected balance would return to the horizontal position (his second proposition) (Nemorarius 1565, B2 *r*). According to Jordanus, the upper weight acquires more positional heaviness than the lower one due to the fact that its descent is less oblique. In fact, he postulated that positional heaviness depends on the obliqueness of descent of a weight (his fourth postulate) and that "a more oblique descent partakes less of the straight [descent] for the same quantity [of path]" (fifth postulate) (Nemorarius 1533, A4 *r*). The determination and possibly the quantification of obliqueness was therefore essential to establish the behavior of a deflected balance.

In the sixteenth century, Tartaglia in *Quesiti, et inventioni diverse* (1546), and Cardano in the first book of *De subtilitate* (first edition, 1550) and in *Opus novum de proportionibus* (1570), expounded some different methods for determining descent and reinforced Jordanus's second proposition that the deflected balance returns to the horizontal position. A brief account of three ways of determining positional heaviness is given in the following. The first two are derived from Tartaglia and the last from Cardano.

mechanicorum fundamenta quorum cognita falsitate omnia rem[oventur]" (Renn and Damerow 2012, 213).

[9] We are grateful to Martin Frank who discovered these annotations and shared them with us.

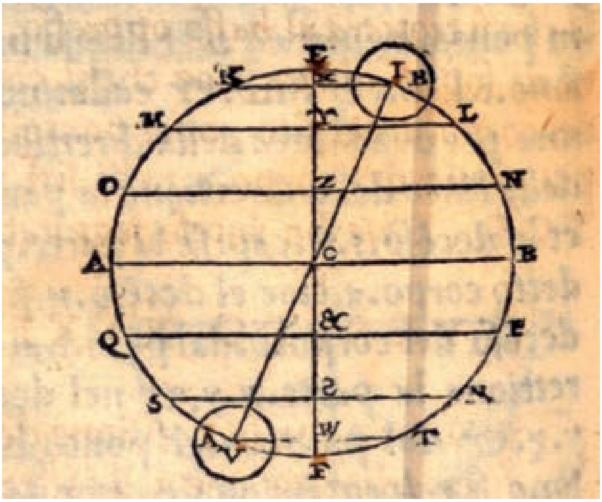


Figure 3.7: According to Tartaglia, the body at *I* is positionally heavier than the body at *V* since the projection of the arc *IL* on the vertical *XY* is greater than the projection of *VF*, *WF*.

DESCENT: A first method of dealing with positional heaviness consisted in comparing the lengths of the projections of the equal arcs described by the motion of opposite balance beams—one ascending and one descending—on the vertical line of descent to the center of the world.

As Tartaglia's diagram shows (Figure 3.7), the vertical component of decent of the upper weight is always larger than that of the lower. Thus, the former acquires more heaviness (*secundum situm*) than the latter and the balance returns to the horizontal position.

ANGLE OF CONTACT: Tartaglia's second method of determining positional heaviness consists in comparing the angles between the circular path of the beams and the perpendicular lines connecting the weights to the center of the elements. These angles "of contact" are also called "curvilinear angles" or "mixed angles" since they result from the intersection of a straight line downward and a curved line, that of the circle circumscribing the balance (Figure 3.8).

By comparing the angles of contact of the two weights, Tartaglia could establish that the higher angle is always smaller than the lower, therefore the higher weight has a straighter descent and is positionally heavier. The inclined balance would therefore return to the horizontal position. It should be noted that Tartaglia perceived the comparison of curvilinear angles as problematic. He considered the ratio of two such angles to be less than any ratio between determined quantities. As a consequence, no weight placed on the positionally lighter side of the deflected balance could compensate for the other weight and keep the balance inclined. On the contrary, any additional weight—no matter how small—would have p roduced an opposite displacement of the balance beam toward the vertical.

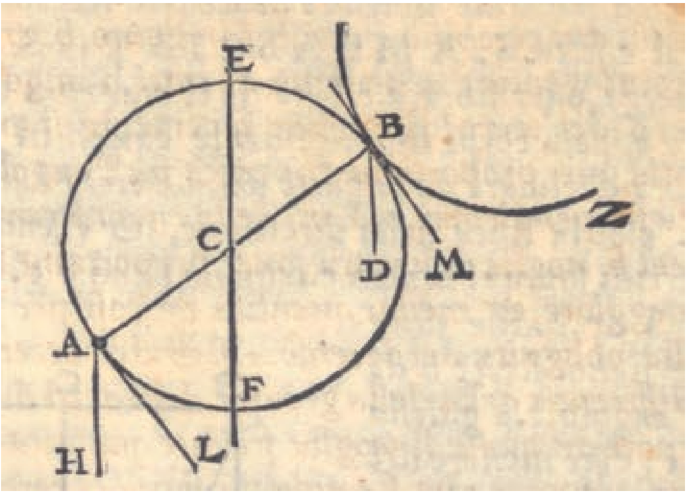


Figure 3.8: According to Tartaglia, the body at *B* is positionally heavier than the body at *A* since the *angle of contact* between *BD* and the arc *BF* is smaller than the angle between *AH* and the arc *AF*.

THE ANGLE BETWEEN THE SUPPORT AND THE BEAMS: We have considered two ways of determining positional heaviness on the basis of Tartaglia's *Quesiti*. Assuming that positional heaviness depends on the obliquity and straightness of descent, positional heaviness can be determined either from the projections of the descents on the vertical, or the curvilinear angles that are produced by the intersection of the descent arcs and the lines connecting the weights to the center of gravity. Cardano considered three criteria for establishing positional heaviness which he mistakenly regarded as equivalent: first, the distance of the beam from the vertical; second, its distance from the horizontal; and third, an angle that he called *meta*. This was the angle between the support of the balance and the beam. Commenting on the diagram that is here reproduced (Figure 3.9), he explained:

> Aristotle says that this happens when the support is above the balance, because the angle *QBF* of the *meta* is larger than the angle *QBR*. And similarly, when the support is *QB*, the *meta* will be *AB*, and thus the *RBA* will be larger than the angle *FBA*, but the larger angle will render the weight heavier. […] The general reason is hence this: the more the weights are removed from the *meta* or from the line of descent along a straight or an oblique line, that is, [as measured] by an angle, the heavier they are.[10]

Given these premises, Cardano contended that a weight will reach its maximum positional heaviness in the horizontal position. He therefore shared Nemorarius's and Tartaglia's opinion about the return of an inclined balance to the horizontal position.

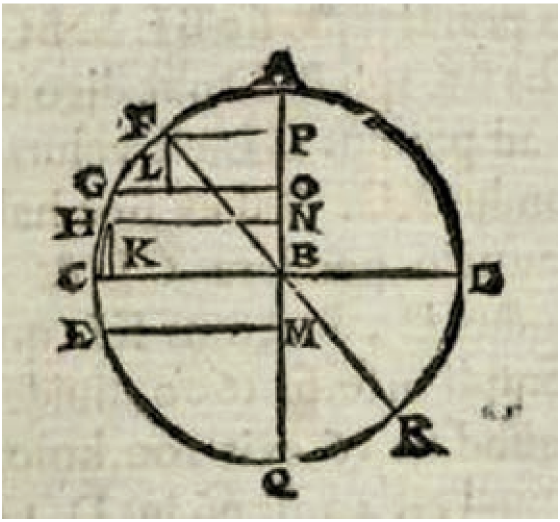


Figure 3.9: According to Cardano, there are three ways to determine positional heaviness. The positional heaviness at point *F*, for instance, may be determined by the horizontal *FP*, by the vertical *FL*, or by the angle *QBF*.

[10] "Aristoteles dicit hoc contingere, quum trutina est supra libram, quia angulus *QBF* metae, maior est angulo *QBR*. Et similiter quum trutina fuerit *QB*, erit meta *AB*, et tunc angulus *RBA*, maior erit angulo *FBA*, sed maior angulus reddit gravius pondus. […] Generalis igitur ratio haec sit: pondera quo plus distant a meta seu linea descensus per rectam aut obliquum, id est, per angulum, eo sunt graviora" (Cardano 1550, 17–18).

3.6.2 Del Monte's Critical Remarks on Positional Heaviness

Del Monte's criticism of Benedetti, in the *Meditatiunculae* as well as in the margin- al remarks of his *Diversae speculationes*, are closely related to his criticism of Nemorarius, Cardano and Tartaglia in the *Mechanicorum liber*. Here, he dealt extensively with the balance and provided a detailed discussion of the theories of these scholars which he deemed to be irremediable. These theories supported the idea that an inclined balance returns to the horizontal and were thus at odds with his own treatment of the matter, which he based on the Archimedean concept of center of gravity. Del Monte believed that an ideal balance would remain in any position as long as it had equal arms, was hinged on its fulcrum and was loaded with equal weights. The only difficulty in testing this theory, he asserted, was the technical difficulty in constructing a perfect balance. It should be noted, moreover, that he assumed that a center of gravity meeting the requirement of his (and Pappus's) definition of center of gravity always exists:

> The center of gravity is a certain point within it, from which, if it is imagined to be suspended and carried, it remains stable and maintains the position which it had at the beginning, and is not set to rotation by that motion.[11]

Apart from the conceptual irreconcilability between his own approach and that of the Nemorarius school, del Monte tried to demonstrate the inconsistencies of positional heaviness, also within the conceptual framework of his adversaries. One of his main objections was based on a consideration of the cosmological context, which he considered relevant to correctly treat the inclined balance, at least with regards to positional heaviness. Of course, this aspect seems to be relevant when considering Tartaglia's remark that the difference in positional heaviness is infinitesimally small and cannot be compensated by any finite weight resulting from the infinitesimal difference between curvilinear angles.

Contrary to the assumptions of Nemorarius and his successors, del Monte noted that the downward tendencies of the weights are not parallel but converge at the center of the world. Since the directions toward the center of the world from different points on the circular path of the end of the beam cannot be parallel, they are inappropriate for representing positional heaviness. From the fact that those lines converge, he argued further that the lower weight should actually

[11] "Centrum gravitatis uniuscuiusque corporis est punctum quoddam intra positum, a quo si grave appensum mente concipiatur, dum fertur, quiescit; et servat eam, quam in principio habebat positionem: neque in ipsa latione circumvertitur" (Monte 1577, 1r). Translation in (Drake and Drabkin 1969, 259), revised in (Renn and Damerow 2010, 57).

become positionally heavier than the higher one. His idea is clearly illustrated by a diagram (Figure 3.10).

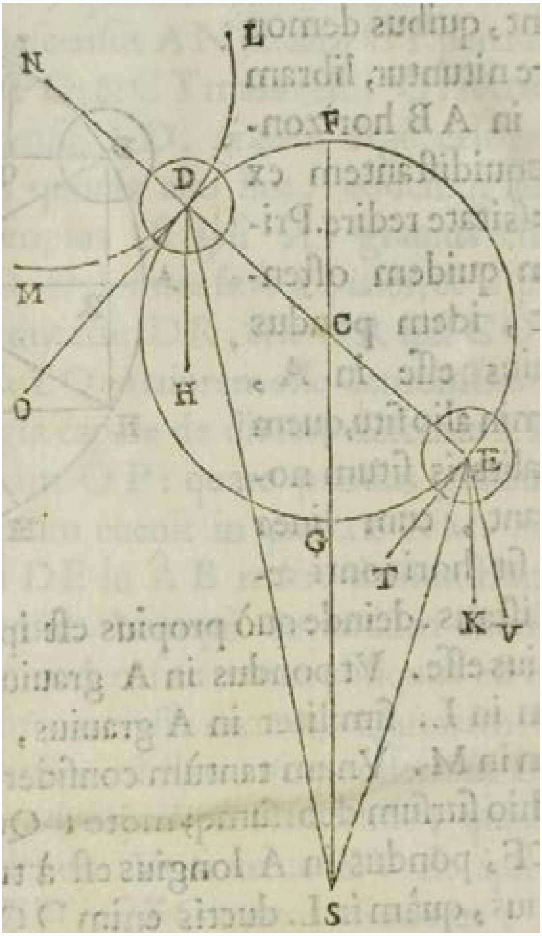


Figure 3.10: According to del Monte, if *S* represents the center of the world, then the mixed angle *SEG* between the circular path of the weight at *E* and the direction to the center of the world is less than the mixed angle *SDG*. Thus, contrary to what his adversaries claim, by their own suppositions the weight placed at *E* must be heavier than that placed at *D*.

Del Monte objected that, from the point of view of positional heaviness, it is not in the horizontal position that a body weighs the most but at that point where a straight line drawn from the center of the world touches at a tangent the circle described by the balance arm. Certainly, if the center of the world were infinitely distant and all lines of direction converging at it were perpendicular and parallel to each other, then the extreme point would mark the horizontal position of the balance arm, also at the fulcrum. Still, for a finite distance from the center of the world, the point where the weight is heaviest lies instead slightly below the horizontal through the fulcrum. Del Monte even demonstrated that the closer the balance is to the center of the world, the further this "extreme point" (where the weight is heaviest) will lie from the horizontal position of the balance arm (as seen from the fulcrum).

Del Monte's crucial objection to the Nemorarius school was that one has not to consider both weights separately, but rather as being connected by the beam of the balance. He drew attention to the fact that one must not compare two descents, but rather a descent on one side with a rise on the other. According to the positional heaviness, the two weights must be equal. Thus, also from the premises of his adversaries, del Monte could claim that the deflected balance does not return to the horizontal.

3.6.3 Benedetti on Tartaglia's and Nemorarius's Shortcomings

Benedetti confronted the ideas of Tartaglia and Nemorarius on positional heaviness in section seven of his *De mechanicis*. There, Benedetti stressed that by taking into account the distance from the fulcrum to the line of inclination, his approach to the positional effect of a weight was distinct from and superior to Tartaglia's consideration in the Jordanus tradition of straightness of descent.

More specifically, Benedetti refuted several of Tartaglia's claims. In particular, he disputed the central thesis that when a balance is moved from its horizontal position, it will return to this position because the body that has moved upward will attain greater positional heaviness than the body which has moved downward. As we have seen above, Jordanus's and Tartaglia's arguments were based on a comparison of the descents of the two weights. In other words, the balance would have to break in the middle to visualize these descents. Benedetti now pointed to the simple fact, already emphasized by del Monte, that when one weight descends, the other must ascend, and that the corresponding arcs will always be similar to each other and positioned in the same way. He concluded that no positional difference in heaviness can be produced in the way that Tartaglia argued.

Nevertheless, Benedetti did not believe in an indifferent equilibrium of such a balance when considered in a cosmological context. In the continuation of his argument, he came to the conclusion (correct from a modern viewpoint) that when such a balance in equilibrium is displaced from its original horizontal position, the weight that has been lowered will actually assume a greater positional heaviness than the one that has been lifted up:

> Therefore the weight of *A* in this [lower] position will be heavier than the weight of *B*.[12]

He reached this conclusion by taking into account that the lines of inclination of the two weights are not parallel to each other but must converge at the center of the elements. The effective lever arms of the two weights must hence be determined by perpendicular lines drawn from the center of the balance to these lines of inclination. It now turned out that the perpendicular line, corresponding to the weight that had been lowered, is longer than the line corresponding to the weight that had been lifted. Consequently, the lower weight had become heavier positionally so that one would expect the balance to tilt into a vertical position.

Benedetti added some more critical remarks on Tartaglia's consideration of positional heaviness. As we have seen, Tartaglia had argued in *Quesiti* that the upper weight attains a greater positional heaviness than the lower one, but that this difference is arbitrarily small and can therefore not be compensated by any finite weight. This conclusion was reached by comparing curvilinear *angles of contact* on each side of the balance. In his analysis of this argument, Benedetti again took into account that the lines of inclination are not parallel to each other but must converge toward the center of the elements, just has del Monte had done before him. Clearly, since Tartaglia's argument hinges on angles of contact, which are infinitesimally small compared to ordinary angles, even such a small deviation from the parallel must be relevant. Taking this into account, Benedetti was able to construct a contradiction, thus refuting Tartaglia's argument. He concluded:

> Now the whole error into which Tartaglia and Jordanus fell arose from the fact that they took the lines of inclination as being parallel to each other.[13]

In summary, Benedetti introduced a way of determining the positional effect of a weight or a force that, in the cases he considered, essentially produces the

[12] "Pondus igitur ipsius *A* in huiusmodi situ, pondere ipsius *B* gravius erit" (Benedetti 1585, 148). Translation in (Drake and Drabkin 1969, 176).

[13] "Omnis autem error in quem Tartalea, Iordanusque lapsi fuerunt ab eo, quod lineas inclinationum pro parallelis vicissim sumpserunt, emanuit" (Benedetti 1585, 150). Translation in (Drake and Drabkin 1969, 177).

same results as the application of the modern concept of torque. In particular, Benedetti had managed to go beyond the consideration of weights tending downward to include forces acting in an arbitrary direction. In this way, he was also able to take into account the fact that, on a spherical Earth, the lines of inclination of weights on a balance are not parallel. He did not manage, however, to successfully apply his measure of positional heaviness to challenging objects such as the inclined plane.

3.7 Conclusions: The Triangulation Benedetti-del Monte-Galileo

In this chapter, we have dealt with del Monte's and Benedetti's different approaches to mechanics emerging from their reflection on the balance and their treatment of earlier authors. Relative to the issue of positional heaviness, del Monte's self-positioning is essentially external whereas Benedetti positioned himself within the tradition of the Nemorarius school, albeit critically. He explicitly mentioned Tartaglia and Cardano as relevant sources for his treatment, whereas he omitted to mention del Monte (Benedetti 1585, f. A3*r*). In spite of their opposite intentions and mutual suspicion, Benedetti and del Monte shared several opinions and sometimes reached the same conclusions, albeit following different paths: both considered the cosmological center of gravity as relevant for an evaluation (and criticism) of Tartaglia's concept of positional heaviness, and both remarked that one cannot treat the two beams of a balance separately, but rather that they must be considered simultaneously. Moreover, both stressed the ambiguity of the concept of mixed angle and the difficulty of its determination. Nevertheless, their approaches were quite different. As mentioned, Benedetti still worked within the framework of the *gravitas secundum situm*, while del Monte renounced it in favor of the concept of *centrum gravitatis*. For del Monte, the displacement of the balance toward the vertical position was an absurdity that revealed the untenability of Tartaglia's premises. Benedetti deemed this vertical tilt to be the consequence of a correct analysis of the balance based on a conceptuality close to the modern idea of torque, in consideration of the cosmological context. Furthermore, one can stress the importance of Benedetti's attempt to determine the quantity of positional heaviness, a fact that distinguishes him from his predecessors. Additionally, unlike del Monte, he treated the balance by also taking into consideration the general case of forces acting arbitrarily on the beams.

In conclusion, it may be useful to recall the problems linked to the triangulation Benedetti-del Monte-Galileo which might be elucidated by considering the equilibrium controversy. Although the relationship between Benedetti and Galileo is still obscure, the remarkable proximity of these authors on several issues is well known in the history of mechanics. The most recent historical accounts tend in fact to neglect or even deny the possibility of such influence.[14] By contrast, the influence of Benedetti on Galileo was assumed and underscored by earlier scholars like Caverni, Duhem, Wohlwill and Mach (Sarpi 1996).[15] It is helpful to mention the most important issues common to these authors: the attempt at a theory of motion based on Archimedean hydrostatics, the treatment of the acceleration of fall and its causes, the formulation of what in hindsight appear as proto-inertial principles, a similar treatment of the bent lever, the analysis of the relation between vibrating strings and musical tones, their views on the irradiation of surfaces and on thermal and hydrostatic phenomena, and, last but not least, their support of the Copernican world system.[16] Although many of these themes and ideas belonged to the shared knowledge of preclassical mechanics, in some respects the agreement of their approaches is so striking that one may suspect that this is not mere coincidence.[17] Yet, the question of Benedetti’s direct impact on Galileo remains unclear, in particular as Benedetti’s work was never mentioned by Galileo.

There are a number of possible connections between Benedetti and Galileo that have been considered in the past. For instance, Benedetti is referred to by Galileo’s Pisan colleague Jacopo Mazzoni in *In universam Platonis et Aristotelis philosophiam praeludia* from 1597 (Mazzoni 1597). He is often mentioned in the Galileo Studies as the addressee of a famous letter by Galileo arguing for the Copernican system (30 May 1597; Galilei 1968, vol. II, 194–202). In his book, Mazzoni referred to Benedetti’s discussion of the possibility that motion along a straight line can be continuous,[18] a theme that was later taken up by Galileo in chapter 20 of *De Motu*, which also refers explicitly to Copernicus (Mazzoni 1597, 193; Galilei 1960b, 326). It is conceivable that such issues had been discussed, inspired by Benedetti’s work, between Galileo, Mazzoni and del Monte during the latter’s stay in Tuscany in 1589. We would like to thank Pier Daniele Napolitani for drawing our attention to this possibility and to the above-mentioned passages.

[14] See the discussion by Ventrice in (Bordiga 1985, 732–736) who mentions Drake, Drabkin, Fredette and Galluzzi among those who are skeptical about a concrete influence of Benedetti on Galileo. Notable exceptions are the commentaries by Carugo and Geymonat in their edition of Galileo’s *Discorsi* (Carugo and Geymonat 1958). Bertoloni Meli even considers the possibility of del Monte and Galileo discussing Benedetti, but nevertheless rejects any substantial influence by the latter on Galileo’s thinking because that influence supposedly would have arrived too late, see (Bertoloni Meli 2006, 61–65).
[15] For an overview of such potential connections, see the discussion in (Bordiga 1985, 732–736) who also mentions Mersenne, Clavius and Cardinal Michelangelo Ricci as possible intermediaries.
[16] For an overview, see (Bordiga 1985).
[17] See, for instance, (Drake and Drabkin 1969, 36).
[18] See (Benedetti 1585, 183–184). For a historical discussion of the context of this argument in contemporary technology, see (Freudenthal 2005).

Another potential intermediary was Galileo's friend Paolo Sarpi who discussed Benedetti's theory of fall in *Pensieri naturali e metafisici*. However, the *Meditatiunculae* may provide the strongest evidence of Galileo's acquaintance with Benedetti's theses.

An important clue is page 145*bis* of the *Meditatiunculae* (Figure 3.11), which is the page opposite the one containing the detailed criticism of Benedetti dealt with in this chapter. This page shows Galileo's construction of the inclined plane reduced to a bent lever.

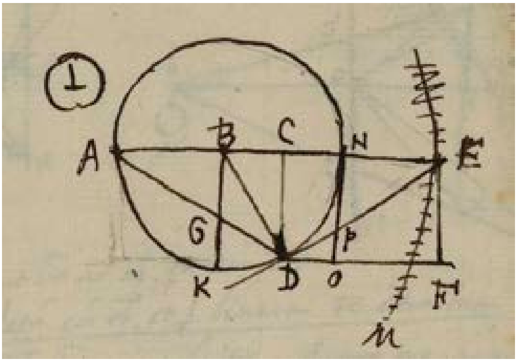


Figure 3.11: Del Monte, *Meditatiunculae*, p. 145*bis* showing Galileo's construction relating the bent lever to the inclined plane.

This fact is all the more noteworthy since del Monte's notebook, on an earlier page, also contains his own problematic adoption of Pappus's analysis of the inclined plane (Monte 1587, 64. Figure 3.12). In his writings, Galileo had criticized this analysis, substituting it with his own solution of the problem which makes use of the bent lever conceptualized in the same way as Benedetti (Galilei 1960a, 172). Del Monte therefore must have learned about this proof from Galileo, and he must also have seen the connection to Benedetti's methods. In any case, it is likely that the two scientists discussed this connection and quite plausible that Galileo became familiar with Benedetti's work through del Monte. Galileo began to correspond with del Monte in 1588, three years after the publication of Benedetti's *Diversae speculationes* and shortly before he embarked on the writings that later became known as *De Motu* (Galilei 1960b).[19] Galileo first wrote a dialogue version of *De Motu* and then an essay in twenty-three chapters. Only the second essay version of these writings contains his proof of the law of the

[19]For a thorough discussion of the chronology of these writings, see (Giusti 1998).

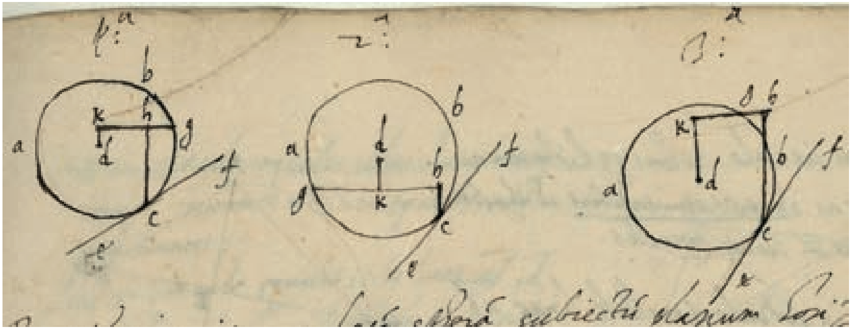


Figure 3.12: Del Monte's construction related to the inclined plane on p. 64 of his notebook. The construction was adapted from Pappus's erroneous solution.

inclined plane, the argument about continuity of motion along a straight line, and a mention of Copernicus. This version was most likely written after Galileo became familiar with Benedetti's work. His treatise on mechanics, which for the first time discussed explicitly the problem of the effective lever arm, was written much later, certainly after he had visited del Monte in 1592 during his journey to Padua. Hence, it seems most likely that Galileo was already familiar with key ideas of Benedetti at the time of writing these works.

Recent research into del Monte's biography has shown that del Monte and Galileo must have met as early as 1589 in Tuscany (see Menchetti's contribution in this volume). They might even have met jointly with Galileo's teacher, Mazzoni who, as mentioned earlier, cited Benedetti in his work. Thus, del Monte, Mazzoni and Galileo may have discussed Benedetti's *Diversarum speculationum ... liber*, leading Galileo to reconsider his work in progress on motion and, in particular, his treatment of motion along inclined planes, making use of Benedetti's theory of the bent lever that was mentioned in del Monte's notebook. But Benedetti's impact on Galileo probably went even further than that. Galileo may now have taken the Copernican hypothesis much more seriously than before, discussing this as well as other subjects with Mazzoni. In the above-mentioned letter of 1597, Galileo praised Mazzoni for his *Praeludia* and reminded him of the controversial issues on which they had meanwhile reached an agreement, trying now also to press him on the Copernican hypothesis.[20]

[20]This scenario was developed in a joint discussion with Pier Daniele Napolitani. Concerning Benedetti's adherence to the Copernican system, see (Di Bono 1987; Omodeo 2009).

In particular, Galileo's concept of *momento*[21] and his analysis of the bent lever—crucial to both his mechanics and his theory of motion—evidently emerged from the midst of the controversy about positional heaviness. In that debate, Galileo took a position much closer to Benedetti than to del Monte. Rather than *gravitas secundum situm*, Galileo used the concept of *momento* or *momentum* that del Monte had introduced in his book by quoting Commandino's definition of the center of gravity. But while del Monte made no further use of this in his mechanics, Galileo took this concept from the respected Urbino school, gave it a new meaning that was taken from Benedetti and made it a pillar of his own conception, which included Commandino's definition of the center of gravity:

> Center of gravity is defined to be that point in every heavy body around which parts of equal moments are arranged.[22]

The evidence for this claim concerning Benedetti's legacy in Galileo's work derives from the marginal notes del Monte made in his copy of Benedetti's book, as well as from his entries in the *Meditatiunculae* (Monte 1587) which contain traces of Galileo's intervention in this controversy.

According to Benedetti and Galileo (and contrary to Tartaglia and del Monte), the effective length of the lever arm, obtained by drawing a perpendicular from the fulcrum of the balance to the line of inclination, determines the effectiveness of a weight or a mechanical constellation. In his *Mechanics*, Galileo later stressed how important it is to carefully define the effective distances of weights from their support:

> There is one thing that must be considered before proceeding further, and this concerns the distances at which heavy bodies come to be weighed; for it is very important to know the sense in which equal and unequal distances are to be understood, and in what manner they must be measured.[23]

In his analysis of the inclined plane using the bent lever, Galileo also made clear that this procedure is critical for determining the *momento* of a given weight

---

[21] See the extensive discussion in (Galluzzi 1979).

[22] "Centro della gravità si diffinisce essere in ogni corpo grave quel punto, intorno al quale consistono parti di eguali momenti" (Galilei 1968, vol. 2, 159). Translation in (Galilei 1960a, 151). See also (Galilei 2002).

[23] "Un'altra cosa, prima che più oltre si proceda, bisogna che sia considerata; e questa è intorno alle distanze, nelle quali i gravi vengono appesi: per ciò che molto importa il sapere come s'intendano distanze eguali e diseguali, ed in somma in qual maniera devono misurarsi" (Galilei 1968, vol. 2, 164). Translation in (Galilei 1960a, 156–157).

(Galilei 1968, vol. 2, 181; Galilei 1960a, 173). As discussed earlier, in his *Diversarum speculationum [...] liber* Benedetti convincingly demonstrated the efficacy of this method for determining the magnitude of a force or weight according to its position.

In conclusion, the very existence of del Monte's annotations on his copy of Benedetti's *Diversarum speculationum [...] liber* provides a definitive answer to the question of who actually read this book.[24] It is also difficult to imagine that he did not discuss his views on Benedetti's mechanics with Galileo, views that he considered both misguided and profoundly challenging, as is made evident in his handwritten notes. It was most probably del Monte, Benedetti's fervent opponent in matters of mechanics, who served as a conduit to Galileo. At the same time, he also made it virtually impossible for Galileo to openly admit to Benedetti's influence if did he not want to jeopardize the protection of this most important patron of his early career.

3.8 Appendix 1: Benedetti's *De Mechanicis*, Chapters I–III

DE MECHANICIS

Scripserunt multi multa, et quidem scitissime, de mechanicis, at cum natura ususque aliquid semper vel novum, vel latens in apertum emittere soleant, nec ingenui aut grati sit animi, posteris inuidere, si quid ei contigerit comperuisse prius tenebris involutum: cum tam multa ipse ex aliorum diligentia sit consequutus. Paucula quaedam futura, ut reor, non ingrata his qui in hisce mechanicis versantur, nusquam ante hac tentata, aut satis exacte explicata in medium proferre volui: quo vel iuvandi desiderium, vel saltem non ociosi ingenioli argumentum aliquod exhiberem: atque vel hoc uno modo me inter humanos vixisse testatum relinquerem.

3.8.1 De differentia situs brachiorum librae. CAP. I.

Omne pondus positum in extremitate alicuius brachii librae maiorem, aut minorem gravitatem habet, pro diversa ratione situs ipsius brachii. Sit exempli gratia *B* centrum, aut, quod dividit brachia alicuius librae, et *ABQ* verticalis linea, aut, ut rectius dicam, axis orizontis, et *BC* unum brachium dictae librae, et in *C* sit pondus, et *CO* linea inclinationis, seu itineris *C* versus centrum mundi, cum qua *BC* angulum rectum constituat in puncto *C*. Existente igitur in huiusmodi situ brachio *BC* dico pondus *C* gravius futurum, quam in alio quolibet situ quia supra centrum *B* omnino non quiescet, quemadmodum in quovis alio situ faceret.

[24] The knowledge that he had read it, however, is not entirely new. See (Renn, Damerow, and Rieger 2001, 74).

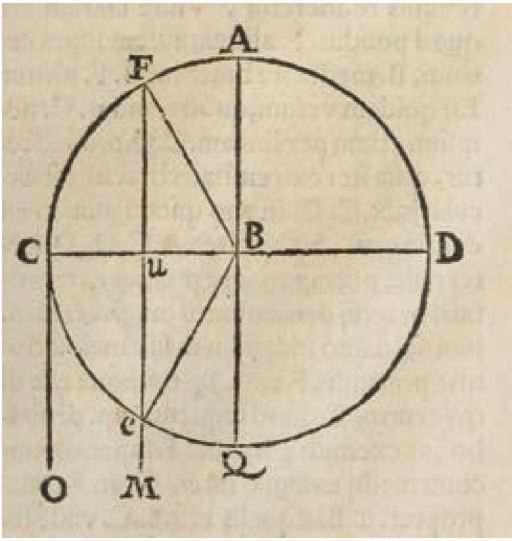


Figure 3.13

Ad quod intelligendum, sit dictum brachium, in situ *BF* cum eodem pondere in puncto *F* et linea itineris seu inclinationis dicti ponderis sit *FUM* per quam lineam dictum pondus progredi non potest, nisi brachium *BF* breuius redderetur. Unde clarum erit quod pondus *F* aliquantulum supra centrum *B* mediante brachio *BF* nititur. Est quidem verum, quod pondus *C* nec ipsum etiam per lineam *CO* proficiscetur, quia iter extremitatis brachii est circularis, et *CO* in uno quodam puncto est contingens. Sit hoc iter *ACQ* oportet nunc praesupponere pondus extremitatis brachii debere tanto magis centro *B* inniti, quanto magis linea suae inclinationis (ponamus *FUM*) propinqua erit dicto centro *B* quod sequenti cap. probabo, ut exempli gratia, sit *F* super *U* punctum medii ex aequo inter *C* et *B* quapropter *UB* aequalis erit *UC* unde sequetur dictum pondus gravius futurum pro parte *FC* quam pro ea, quae est *AF* et minus supra centrum *B* pro dicta parte *FC* quam pro parte *AF* quieturum; et dictum brachium quanto magis orizontale erit a situ *BF* tanto minus supra dictum centrum *B* quiescet, et hac ratione gravius quoque erit, et quanto magis vicinum erit ipsi *A* a dicto *F* tanto magis super centrum *B* quoque quiescet, unde tanto quoque levius existet. Idem dico de omni situ brachii per girum inferiorem *CQ* ubi pondus pendebit a centro *B* dictum centrum attrahendo, quemadmodum superius illud impellebat. Haec vero omnia cap. sequenti melius percipientur.

3.8.2 De proportione ponderis extremitatis brachii librae in diverso situ ab orizontali. CAP. II.

Proportio ponderis in *C* ad idem pondus in *F* erit quemadmodum totius brachii *BC* ad partem *BU* positam inter centrum et lineam *FUM* inclinationis, quam pondus ab extremitate *F* liberum versus mundi centrum conficeret. Quod ut facilius intelligamus imaginemur alterum brachium librae *BD* et in extremo *D* locatum aliquod pondus minus pondere *C* ut *BU* pars *BC* minor est *BD*. Clare cognoscetur ex 6 lib. primi *de ponderibus* Archimedis, quod si in puncto *U* collocatum erit pondus ipsius *C* libra nihil penitus a situ orizontali dimovebitur. Sed perinde est quod pondus *F* aequale *C* sit in extremo *F* in situ brachii *BF* quam ut sit in puncto *U* in situ ipsius *BU* orizontali. Ad cuius rei evidentiam imaginemur filum, *FU* perpendiculare, et in cuius extremo *U* pendere pondus, quod erat in *F* unde clarum erit quod eundem effectum gignet, ac si fuisset in *F* quod, ut iam diximus remanens affixum puncto *U* brachii *BU* tanto minus grave est situ ipsius *C* quanto *UB* minus est ipso *BC*. Idem assero si brachium esset in situ *EB* quod facile cognoscere poterimus, si imaginemur filum appensum ipsi *U* brachii *BC* et usque ad *E* perpendicularem, in quo extremo appensum esset pondus aequale ponderi *C* et liberum ab *E* brachii *BE* unde libra orizontalis manebit. Sed si brachium *BE* consolidatum fuisset in tali situ cum orizontali *BD* et appenso pondere *C* in *E* libero a filo, nec ascenderet, neque descenderet, quia tantum est quod ipsum sit appensum filo, quod pendet ab *U* quantum quod ab ipso liberum appensum fuisset *E* brachii *BE* et hoc procederet ab eo quod partim penderet a centro *B* et si brachium esset in situ *BQ* totum pondus centro *B* remaneret appensum, quemadmodum in situ *BA* totum dicto centro anniteretur. Unde fit ut hoc modo pondus magis aut minus sit grave, quo magis aut minus a centro pendet, aut eidem nititur: atque haec est causa proxima, et per se, qua fit ut unum idemque pondus in uno eodemque medio magis aut minus grave existat. Et quamvis appellem latus *BC* orizontale, supponens illud angulum rectum cum *CO* facere, unde angulus *CBQ* fit ut minor sit recto, ob quantitatem unius anguli aequalis ei, quem duae *CO* et *BQ* in centro regionis elementaris constituunt, hoc tamen nihil refert, cum dictus angulus insensibilis sit magnitudinis. Ab istis autem rationibus elicere possumus, quod si punctus *U* erit ex aequo medius inter centrum *B* et extremum *C* pondus *F* aut *M* pendebit, aut nitetur pro medietate dicto centro *B* et si dictum *U* erit propius *B* quam puncto *C* pendebit ab ipso, aut nitetur ipsi amplius quam ex medietate, et si magis versus *C* minus quam ex medietate nitetur.

3.8.3 Quod quantitas cuiuslibet ponderis, aut virtus movens respectu alterius quantitatis cognoscatur beneficio perpendicularium ductarum a centro librae ad lineam inclinationis. CAP. III.

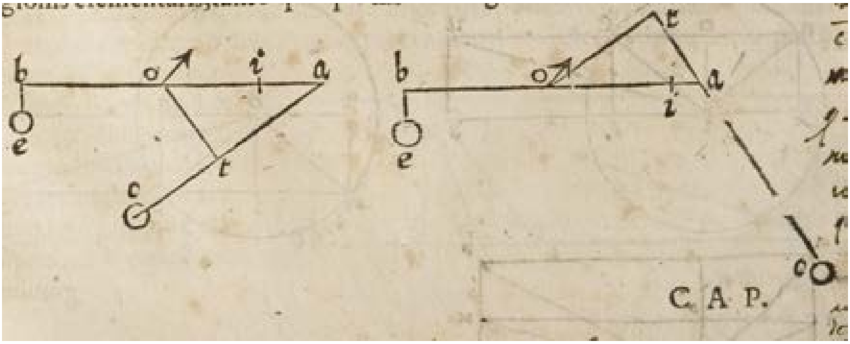


Figure 3.14

Ex iis, quae a nobis hucusque sunt dicta, facile intelligi potest, quod quantitas *BU* quae fere perpendicularis est a centro *B* ad lineam *FU* inclinationis, ea est, quae nos ducit in cognitionem quantitatis virtutis ipsius *F* in huiusmodi situ, constituens videlicet linea *FU* cum brachio *FB* angulum acutum *BFU*. Ut hoc tamen melius intelligamus, imaginemur libram *BOA* fixam in centro *O* ad cuius etrema sint appensa duo pondera, aut duae virtutes moventes *E* et *C* ita tamen quod linea inclinationis *E* id est *BE* faciat angulum rectum cum *OB* in puncto *B*. Linea vero inclinationis *C* id est *AC* faciat angulum acutum, aut obtusum cum *OA* in puncto *A*. Imaginemur ergo lineam *OT* perpendicularem lineae *CA* inclinationis, unde *OT* minor erit *OA* ex 18 primi Euclidis. Secetur deinde imaginatione *OA* in puncto *I* ita ut *OI* aequalis sit *OT* et puncto *I* appensum sit pondus aequale ipsi *C* cuius inclinationis linea parallela sit lineae inclinationis ponderis *E* supponendo tamen pondus aut virtutem *C* ea ratione maiorem esse ea, quae est *E* qua *BO* maior est *OT* absque dubio ex 6. lib. primi Archi. *De ponderibus BOI* non movebitur situ, sed si loco *OI* imaginabimur *OT* consolidatam cum *OB* et per lineam *TC* attractam virtute *C* similiter quoque continget ut *BOT*, communi quadam scientia, non moveatur situ. Est ergo quod proposuimus verum quantitatem alicuius ponderis respectu ad eam, quae est alterius debere depraehendi a perpendicularibus, quae a centro librae ad lineas inclinationis exiliunt. Hinc autem innotescit facillime, quantum vigoris, et vis pondus, aut virtus *C* ad angulum rectum cum *OA* minime trahens, amitttat. Hinc quoque corollarium quoddam sequetur, quod quanto propinquius erit centrum *O* librae centro regionis elementaris, tanto quoque minus erit grave.

3.9 Appendix 2: Del Monte's *Meditatiunculae*, ff. 145 and 146

Tassora's transcription has been slightly revised here.

3.9.1 Contra Cap. 2 Jo. de Benedicti de Mechanicis

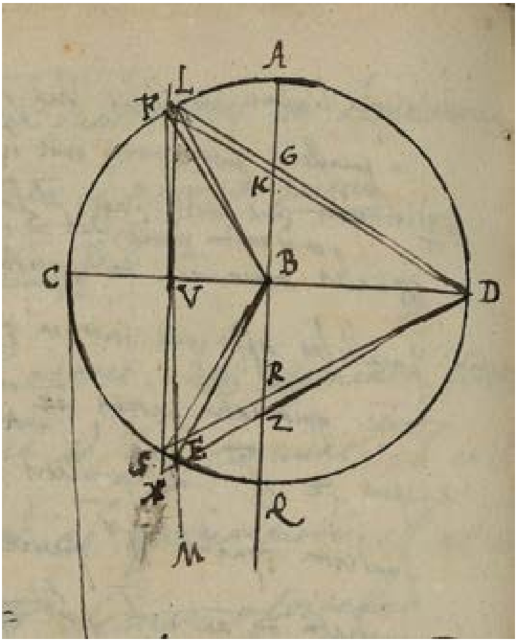


Figure 3.15

Inquit auctor in demonstratione idem pondus in *F*, aeque grave esse ut in *U* et in *E*. Quod est tamen falsum.

Nam lineae *FM AQ* non sunt aequidistantes, cum in centrum mundi conveniant.

Ac propterea ducta per *U* linea *LUS* ipsi *AQ* aequidistante; erit *UL* inter *FU AB*; *UE* vero inter *US* et *BQ*.

Quare ducta *SRD*, erit *BD* ad *BU*, ut *DR* ad *RS*. Ac propterea si *BU* dimidia est ipsius *BD*, et *SR* erit dimidia ipsius *RD*.

Si igitur ducatur *BS*, quae intelligatur consolidata cum *BD* ponaturque pondus in *S* duplum ponderis *D*, aequeponderabunt pondera *SD* ex distantiis *BD RS* ita constitutis, cum sit *R* ipsorum centrum gravitatis in linea *BQ*. Hoc est in infimo loco. Ut ex nostris mechanicis patet.

Pondus igitur in *S* aequegrave erit, atque *U* non autem pondus in *E*, ut ipse existimat. Idem enim pondus gravius est in *S* quam in *E*.

Ut ipse fatetur quod probabitur quoque hoc modo. Nam productis *LS DE* in *X* est quidem *DZ* ad *ZX*, ut *DR* ad *RS*. Atque maiorem habet proportionem *DZ* ad *ZE*, quam ad *ZX*; duplum igitur ponderis *D* in *X* ipsi *D* aequeponderabit. Positum ergo in *E* ipsi *D* non aequeponderabit. Et ut aequeponderet, maius erit quam duplum.

Similiter ad partem *F* ducta *LGB* quoniam *LU* est *GB* aequidistans; erit *DG* ad *GL*, ut *DB* ad *BU*. Si igitur intelligatur *BL* consolidata cum *BD*, idem pondus, tam in *L*, quam in *U* eidem ponderi in *D* aequeponderabit, cum *G* sit centrum gravitatis ponderum in *L D* existentium. Non igitur pondus in *F* aequegrave est, ut idem pondus in *U*.

Praeterea secet *FD* ipsam *LU* in *H*. Patet idem pondus in *U* et in *H* ipsi ponderi in *D* aequeponderare. Cum sit *DK* ad *KH*, ut *DB* ad *BU*, et *DG* ad *GL*. Minorem autem proportionem habet *DK* ad *KF*, quam ad *KH*. Minus igitur pondus in *F* quam duplum ipsius *D*, ipsi *D* aequeponderabit.

Et quibus etiam constat idem pondus in *F*, et in *U*, et in *E*, diversi modo gravitare. Gravius est enim in situ *E* quam in *U* et in *F*. In *U* vero gravius, quam in *F*.

Fallacia vero argumenti est cum inquit, existente filo *FUE* perpendiculari, idem pondus in *F* et in *U* eodem modo gravitabit. Quod est quidem verum, si intelligatur quod eodem modo gravitet in *F* a quo libere pendet.

Cum vero inquit, quoniam punctum fili *U* secet *BC* in *U*, ergo pondus in puncto *U* librae *DBU*, ac propterea in *U* brachii *BU* eandem habebit gravitatem ut in *F*; est falsum. <Nunc> enim valet consequentia pondus in filo in *U* eandem habet gravitatem ut in *F*. Ergo pondus in *U* brachii *BU* eandem habet gravitatem ut in *F*. Veluti quoque falsum est propter filum pondus in *E* est aequegrave, ut pondus in *U* brachii *BU*. Non est igitur haec vera et proxima causa, et per se harum gravitatum. Ut ipse profitetur.

3.9.2 Against Chapter 2 of Giovanni Benedetti's [treatise] on Mechanics

The author claims in his proof that the same weight in *F* is equally heavy as in *U* and in *E*, but this is false.

The lines *FM AQ* are namely not equally distant, because they converge in the center of the world.

And therefore if the line *LUS* is drawn through *U* equidistant to *AQ*, *UL* will be between *FU AB*, but *UE* between *US* and *BQ*.

For if one draws *SRD*, *BD* will be to *BU*, as *DR* to *RS*. And hence if *BU* is half of the same *BD*, also *SR* will be the half of the same *RD*.

If therefore *BS* is drawn, which shall be understood as being rigidly connected with *BD*, and if a weight is placed in *S* which is double the weight [in] *D*, the weights *SD* will be in equilibrium from the distances *BD RS* thus constituted, because their center of gravity *R* is in the line *BQ*; that is in the lowest place; as is evident from our [book on] mechanics.

The weight in *S* will therefore be equally heavy as [the weight in] *U* but not as the weight in *E* as he believes. The same weight is namely more heavy in *S* than in *E*.

As he himself admits this can also be proven in the following way. Because when *LS DE* are prolongued [to meet] in *X*, then evidently *DZ* is to *ZX* as is *DR* to *RS*. But *DZ* has a larger proportion to *ZE* than to *ZX*; the double of the weight *D* in *X* will therefore be equally heavy as the same *D*. Hence placed in *E* it will not be equally heavy as *D*. And if it were in equilibrium, it would be more than double.

Similarly let *LGB* be drawn to *F* being *LU* equidistant to *GB*; *DG* will be to *GL* as *DB* to *BU*. If now *BL* is understood as being connected with *BD*, the same weight, in *L* as in *U* will be in equilibrium with the same weight in *D*, because *G* is the center of gravity of the weights existing in *L* and *D*. Therefore the weight in *F* is not equally heavy as the same weight in *U*.

Let furthermore *FD* cut the same *LU* in *H*. It is clear that the same weight in *U* and in *H* will be equally heavy with regard to the same weight in *D*. Because *DK* is to *KB* as is *DB* to *BN* and as *DG* to *GL*. But *DK* has a smaller proportion to *KF* as to *KH*. Therefore in *F* a weight smaller than double [the weight in] *D* will be in equilibrium with the same weight *D*.

From this it is also clear that the weight in *F*, in *U*, and in *E* gravitates in a different ways. It is namely heavier in the position *E* than it is in *U* and in *F*. But in *U* it is heavier than in *F*.

But the fallacy of the argument emerges when he says that, being the thread *FUE* perpendicular, the weight in *F* has the same heaviness as in *U*. What is indeed true if it is understood that it gravitates in the same way in *F* from which it freely hangs.

But if he says, because the point of the thread *U* cuts *BC* in *U*, therefore the weight in the point *U* of the balance *DBU* will hence have the same heaviness in *U* of the lever arm *BU* as in *F*, then this is false. Now the consequence holds that the weight on the thread in *U* has the same heaviness as in *F*. Thus, the weight in *U* of the beam *BU* has the same heaviness as in *F*. In the same way it is also false that because of the thread the weight in *E* is equally heavy as the weight in *U* of the arm *BU*. This is therefore not the true and next cause, and [the cause] itself [*per se*] for them of these heaviness [proportions], contrary to that which he contends.

3.9.3 Contra <capitulum> 3 eiusdem

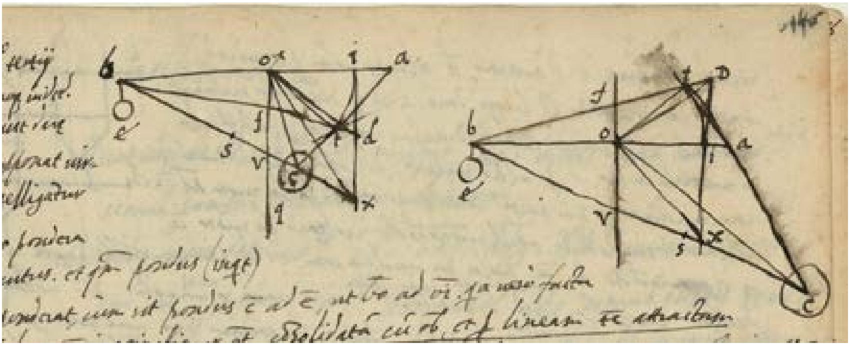


Figure 3.16

Falsum est igitur ex dictis, quod in principio tertii <capitoli> inquit. Praeterea demonstratio falsa quoque videtur.

Inquit enim sint *E C* duo pondera, aut duae virtutes, ita ut intelligat, et supponat virtutes ponderum officio fungi. Intelligantur itaque ad maiorem evidentia duo pondera *E C*. Sitque *BAC* angulus primum acutus.

Et quoniam pondus (inquit) in *I* aequale *C* ipsi <*E*> aequeponderat, cum sit pondus *C* ad pondus *E*, ut *BO* ad *OI*. Quia vero facta est *OI* aequalis *OT* inquit.

Si loco *OI* imaginabimur *OT* consolidata cum *OB*, et per lineam *TC* attractam virtute *C*, similiter quoque continget, ut *BOT*, communi quadam scientia, non moveatur situ.

Fateor me hanc quamdam communem scientiam non intelligere.

At perpendamus sensum quod nil aliud significat, nisi quod idem pondus ipsi *C* aequale, in *I*, rectam libram *BOI*, idemque pondus *C* consolidatam libram *BOTC*, ponderi *E* aequeponderat. Quod esse non potest.

Nam si intelligatur linea *BA* horizonti aequidistans. Centroque *O* circulus describatur *IT*, idem pondus gravius erit in *I*, quam in *T*.

Quare pondus in *T* ipsi *C* aequale non aequeponderabit libram *TOB*.

Quod patet etiam ducta primum *OQ* linea perpendiculari, quam ipse lineam verticalem, et axem horizontis nuncupat. Deinde ducatur *ID* ipsi *OQ* aequidistans, ducaturque *BFTD*: erit *BF* ad *FD*, ut *BO* ad *OI*. Si igitur intelligatur *OD* consolidata cum *OB*, idem pondus in *D* ipsi *E* aequeponderabit, cum punctum *F* ponderum in *BD* centrum gravitatis <existens> sit in linea *OFQ*. Pondus ergo in *T* ipsi *E* non aequeponderabit. Multoque minus pondus *C* ipsi *E* aequeponderare potest.

Nam si iungatur *BC*, fiatque ut *C* ad *E*, ita *BS* ad *SC*; erit *S* ponderum centrum gravitatis. Quod quidem in linea *OQ* existere non potest.

Productis enim *ID BC* in *X*; erit *BO* ad *OI*, ut *BU* ad *UX*. Quare ducta *OX*, quae intelligatur consolidata cum *BO*, pondus in *X* aequale ipsi *C* ponderi *E* aequeponderabit. Itaque existente pondere *C* in recta linea *BCX*, intelligaturque ducta *CO* consolidata cum *OB*; pondus *C* non aequeponderabit *E*.

Idem enim sequitur sive intelliganturque *CO OB* consolidatae, sive *CT TO OB* consolidatae. Non enim punctum *U* esse potest centrum gravitatis ponderum in *B C* existentium. Cum maiorem habeat proportionem *BU* ad *UC* quam ad *UX*, ac propterea maiorem quam pondus *C* ad *E*. Quare centrum gravitatis *S* ponderum in *CB* est inter *UB*. Numquam autem manebit libra *COTB*, donec punctum *S* sit in linea *OQ*. Ergo non aequeponderabunt.

Similiter existente *BAC* angulo obtuso, ostendetur pondus in *T* minorem habere gravitatem, quam in *I*.

Deinde pondus in *X* aequale ipsi *C* aequeponderare ipsi *E*; cum sit *BU* ad *UX*, ut *BO* ad *OI*.

Si itaque sit *S* centrum gravitatis ponderum in *B C*; erit *S* inter *UC*. Quare cum non sit *S* in linea *OQ*. Pondera *C* e consolidatam libram *CTOB* non aequeposerabunt.

Falsa igitur est demonstratio. Fallacia vero est, cum inquit, continget, ut *BOT* communi quadam scientia, non <moveatur> situ.

Et est omnino falsum si intelligatur *C* esse pondus, quod in centrum mundi sempre tendit. Ut ipse supponere videtur. Et ut ipse in seguentibus <capitolis> accipit hoc tamquam de ponderibus demonstratum.

At vero si intelligatur *I* potentia movens, ut hominis, qui potest trahere *T* per rectam lineam *TC*, tunc vera esse potest demonstratio. Ut patet ex tractatum de axe in peritrochio nostrorum Mechanicorum.

Notandum tamen, quod conclusiones per communem quandam scientiam deductae, non sunt periti mathematici cum propriis uti oporteat.

Ex hac etiam figura magis patet absurdum, hoc est pondera *E C* aequeponderare non posse.

3.9.4 In Opposition to Chapter 3

It is therefore false, from what has been said, what he says in the beginning of the third chapter. Moreover also the demonstration seems to be wrong.

He says namely that *E* and *C* are two weights, or two forces, so that he understands and assumes that the forces take over the role of the weights. Let therefore, for major clarity, *E* and *C* be understood to be two weights. And let *BAC* first be an acute angle.

And since (he says) the weight in *I* equal to *C* will be equally heavy to that in <*E*>, because the weight *C* is to the weight *E* as is *BO* to *OI*. Because *OI* is made equal to *OT* he says.

If we shall imagine instead of *OI OT* to be rigidly connected with *OB*, and along the line *TC* attracted by the force *C*, it is also similarly the case that *BOT*, by a certain common science, will not change place.

I admit that I do not understand this certain common science.

We guess that this means nothing else but that the same weight, equal to *C*, in *I*, by the straight balance *BOI*, and the same weight *C*, if the balance *BOTC* is [conceived to be] solid, will be equally heavy to the weight *E*. Which cannot be.

For if it is understood that the line *BA* is equidistant from the horizon, and a circle *IT* is described with center *O*, the same weight will be heavier in *I* than in *T*.

Because the weight in *T*, equal to that [in] *C*, will not be in equilibrium with the balance *TOB*.

This is also evident when one first draws the line *OQ* perpendicularly, which he calls vertical line and axis of the horizon. Then let *ID* be drawn equidistant to *OQ*, and let *BFTD* be drawn: then *BF* will be to *FD*, as *BO* to *OI*. If therefore *OD* is understood as being rigidly connected with *OB*, the same weight in *D* will be in equilibrium with the same *E*, because the point *F*, the center of gravity of the weights in *BD*, is in the line *OFQ*; hence the weight in *T* is not in equilibrium with the weight *E*. And a much less smaller weight *C* can be in equilibrium with the same *E*.

For if *BC* is connected, and if we let as *C* to *E*, be *BS* ad *SC*, then *S* will be the center of gravity of the weights. This [center], however, cannot exist in the line *OQ*.

If namely *ID BC* are prolongued [to meet] in *X*; then *BO* will be to *OI* as *BU* to *UX*. For which reason if *OX* is drawn, which is understood as being rigidly connected with *BO*, the weight in *X*, equal to the same *C* will be in equilibrium with the weight *E*. Therefore, if the weight *C* exists in the straight line *BCX*, and if it is understood that *CO* is drawn [and] rigidly connected with *OB*, the weight *C* will not be in equilibrium with *E*.

The same follows namely when alternatively *CO* and *OB* are understood to be rigidly connected, or when *CT*, *TO*, and *OB* are connected. For the point *U* cannot be the center of gravity of the weights existing in *B C*. Because *BU* has to *UC* a larger proportion than to *UX*, and hence a major [proportion] than the weight *C* to *E*. Because the center of gravity *S* of the weights in *CB* is between *UB*. But the balance *COTB* will never remain, as long as the point *S* is in the line *OQ*. Therefore they will not be in equilibrium.

Similarly, if there is an obtuse angle *BAC*, it is shown that the weight in *T* has a smaller heaviness than in *I*.

Then the weight in *X* equal to the same *C* [is claimed] to be in equilibrium to the same *E*; because *BU* is to *UX*, as is BO to *OI*.

If therefore *S* is the center of gravity of the weights in *B C*, *S* will be between *UC*. For which reason because *S* is not in the line *OQ*, the weights *C* and the rigidly connected balance *CTOB* will not be in equilibrium.

The demonstration is therefore false. Actually, the fallacy is [to say] that *BOT*, according to some common science, does not <change> its place.

And it is totally false if *C* is understood to be a weight which always tends to the center of the world as he seems to assume and as he in the following <chapters> assumes it to be demonstrated as if it holds for weights.

To speak the truth, if *I* is understood to be a moving power, like that of a man who can draw *T* along the straight line *TC*, then the demonstration can be true. In fact, it is clear from our treatise on the axis on the wheel [*de axe in peritrochio*] of our *Mechanics*.

It nevertheless has to be noted that the conclusions which are inferred by a certain common science should not be used by an experienced mathematician because he should use his own.

From this figure descends an even greater absurdity, namely that the weights *E C* cannot be in equilibrium.

References

Benedetti, G. B. (1585). *Diversarum speculationum mathematicarum, et physicarum liber: quarum seriem sequens pagina indicabit*. Torino: Bevilaqua.

Bertoloni Meli, D. (2006). *Thinking with Objects: The Transformation of Mechanics in the Seventeenth Century*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Bordiga, G. (1985). *Giovanni Battista Benedetti: filosofo e matematico veneziano del secolo XVI. Con un aggiornamento bibliografico ragionato di Pasquale Ventrice*. Venezia: Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti.

Cardano, G. (1550). *Hieronymi Cardani Medici Mediolanensis de subtilitate libri XXI*. Nürnberg: Petreius.

Carugo, A. and L. Geymonat (1958). *Galieo Galilei: Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*. Torino: Boringhieri.

Di Bono, M. (1987). L'astronomia copernicana nell'opera di Giovan Battista Benedetti. In: *Cultura, scienze e tecniche nella Venezia del Cinquecento*. Venezia: Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 283–300.

Drake, S. and I. E. Drabkin (1969). *Mechanics in Sixteenth-Century Italy*. Madison: University of Wisconsin Press.

Freudenthal, G. (2005). The Hessen-Grossman Thesis: An Attempt at Rehabilitation. *Perspectives on Science* 13(2):166–193.

Galilei, G. (1960a). On Mechanics. Translated with Introduction and Notes by Stillman Drake. In: *On Motion and on Mechanics*. Ed. by I. E. Drabkin and S. Drake. Madison: The University of Wisconsin Press, 133–186.

— (1960b). On Motion. Translated with an Introduction and Notes by I. E. Drabkin. In: *On Motion and on Mechanics*. Ed. by I. E. Drabkin and S. Drake. Madison: The University of Wisconsin Press, 1–131.

— (1968). *G. Galilei, Le opere*. Ed. by A. Favaro. Florence: Barbera.

— (2002). *Le mecaniche*. Ed. by R. Gatto. Firenze: Olschki.

Galluzzi, P. (1979). *Momento. Studi galileiani*. Roma: Ed. dell'Ateneo & Bizzari.

Giusti, E. (1998). Elements for the Relative Chronology of Galilei's "De motu antiquiora". *Nuncius* XIII:427–460.

Hispanus, P. (1972). *Tractatus sive summule logicales*. Ed. by Ch. Rapp and K. Corcilius. Assen: van Gorcum.

Mazzoni, J. (1597). *In universam Platonis et Aristotelis philosophiam praeludia*. Venezia: Guerilius.

Monte, Guidobaldo del (1577). *Mechanicorum liber*. Pesaro: Hieronymum Concordiam.

— (1587). *Meditantiunculae Guidi Ubaldi ex marchionibus montis Santae Mariae de rebus mathematicis (ca. 1587-1592)*. Bibliothèque Nationale de Paris, manuscript, catalogue no. Lat. 10246.

Nemorarius, J. (1533). *Liber Jordani Nemorarii viri clarissimi de ponderibus proportiones XIII et earundem demonstrationes, multarumque rerum rationes sane pulcherrimas complectens, nunc in lucem editus cum gratia et privilegio imperiali, Petro Apiano mathematico ingolstadiano ad xxx. annos concesso*. Nürnberg: Petreius.

— (1565). *Jordani opusculum de ponderositate Nicolai Tartaleae studio correctum, novisque figuris auctum*. Venezia: Curzio Troiano Navo.

Omodeo, P. D. (2009). La cosmologia infinitistica di Giovanni Battista Benedetti. *Bruniana & Campanelliana* 15(1):181–190.

Renn, J. and P. Damerow (2010). *Guidobaldo del Monte's Mechanicorum liber*. Berlin: Edition Open Access.

— (2012). *The Equilibrium Controversy: Guidobaldo del Monte's Critical Notes on the Mechanics of Jordanus and Benedetti and their Historical and Conceptual Background*. Berlin: Edition Open Access.

Renn, J., P. Damerow, and S. Rieger (2001). Hunting the White Elephant. When and How Did Galileo Discover the Law of Fall? In: *Galileo in Context*. Ed. by J. Renn. Cambridge: Cambridge University Press, 29–149.

Sarpi, P. (1996). *Pensieri naturali, metafisici e matematici*. Ed. by L. Cozzi and L. Sosio. Milano: Ricciardi.

Tassora, R. (2001). *Le Meditatiunculae de Rebus Mathematicis di Guidobaldo del Monte*. Ph. D. thesis. Università di Bari.

Chapter 4
Guidobaldo del Monte: Galileo's Patron, Mentor and Friend
William R. Shea

4.1 Introduction

There was a time when everyone in the scientific community knew who Guidobaldo del Monte was and no one had heard of Galileo. This is not meant as a trivial comment on the fact that when Galileo was born in 1564, Guidobaldo was already nineteen years old and was about to matriculate at the University of Padua where Galileo was later to arrive in 1592. The point is that when Guidobaldo met Galileo in 1588, he was a prominent if not the leading scientist in Italy whereas Galileo was an unemployed drop-out from the University of Pisa.[1] Meeting Guidobaldo and corresponding with him was a decisive event in Galileo's life as we shall see. But first let us say a few words about Guidobaldo and his family.

4.2 The Marchese del Monte

In the sixteenth century, you could rise socially through the Church or the Army. Money helped of course, but it was less decisive than religious or military connections. Guidobaldo's father, Ranieri, who came from a wealthy Urbino family, acquired notoriety as an officer and the author of two books on military architecture.[2] The Duke of Urbino, Guidobaldo II, impressed by his achievements, conferred upon him the title of Marchese del Monte. When he died in 1587, Guidobaldo inherited his father's title and the family estate of Mombaroccio.[3]

A man of many parts, Guidobaldo befriended the poet Torquato Tasso, who was almost an exact contemporary and attended the University of Padua at the

[1] Galileo left the University of Pisa without taking a degree in 1585. This practice was not uncommon, and was not held against him when he applied for a post at the same university four years later.

[2] Galileo also wrote a treatise on military architecture that he sold to young noblemen who attended his private lectures on the topic in Padua, but I have been unable to find whether he used or was at least aware of the works of Guidobaldo's father.

[3] Guidobaldo signed himself indifferently "dal Monte" or "del Monte." I shall use the second more common form.

same time. When Emperor Maximilian II waged a campaign against the Turks in Hungary, Guidobaldo joined the army and fought against the Ottomans until 1568 when the Emperor had to sign a peace treaty that left the Turks in control of most of the territory. Upon his return to Urbino, which was then a lively intellectual center, Guidobaldo studied mathematics under Federico Commandino (1506–1575), who had edited and translated Archimedes into Latin and was preparing a Latin version of Euclid's *Elements* and other Greek classics, which he published with extended commentaries. Guidobaldo became a friend of Bernardino Baldi (1553–1617), who was also a student of Commandino, and later became his own pupil.

Guidobaldo published his first book, *Mechanics*, in 1577, followed in 1579 by a work on the planisphere, and in 1580 by a book on the topical question of the reform of the ecclesiastical calendar.[4] In 1588, he was appointed Inspector of the fortifications of Tuscany but he continued to reside at Montebaroccio, and he published that year his second major work in mechanics, a paraphrase of Archimedes's *On the Equilibrium of Planes* (Monte 1588). With the help of Baldi he edited Commandino's Latin translation and commentary of the *Collections* of Pappus, which also appeared in the same year (Pappus 1588).[5] In 1600 he published an important work on perspective that includes a discussion of scenography (Monte 1600). He left several manuscripts when he died in 1607 but only a few were posthumously published (Monte 1609 and 1615).

Guidobaldo had a younger brother, Francesco Maria, who was born in 1549 and was educated at court in Florence with the future Granduke Francesco and his younger brother, Ferdinando, who entered the Church and was created Cardinal at the age of fourteen by Pope Pius IV. When Francesco died without male heir in 1587, Ferdinando resigned from the Church and became Granduke. Meanwhile Francesco Maria del Monte had also joined the clergy, and the new Granduke arranged for him to succeed him as Cardinal. Francesco Maria's exalted position was to prove useful to Galileo. Another member of the family, who was to be of service, was a cousin, Giovanni Battista del Monte (1541–1614), who went into the Army, fought against the Turks and rose to become a General in the Spanish troops. In 1587 he was appointed Commander of the Infantry of the Venetian Republic and Inspector of the Venetian strongholds in Italy and the Middle East. He resided in Padua and was not without influence on the appointment of University professors.

[4]See (Monte 1577, reprinted Venice, Evangelista Deuchino 1615). The work was translated into Italian by Filippo Pigafetta under Guidobaldo's close supervision (Monte 1581). Selections from this translation are rendered into English in (Drake and Drabkin 1969, 239–328). Del Monte (1579) has recently been made available in Italian with the Latin on facing pages by Rocco Sinisgalli and Salvatore Vastola (Sinisgalli and Vastola 1994). See also (Monte 1580).

[5]Neither Baldi nor Guidobaldo put their names on the title page.

4.3 The Would-be Mathematician and His Master

Writing to a friend in Paris in 1633, Galileo declared that "at the age of twenty-one, after studying geometry for two years he worked out a number of propositions about the center of gravity of solids."[6] Galileo had become acquainted with Commandino's *Liber de centro gravitatis solidorum* that had been published in 1565 and had opened, or rather reopened, a new field of research but suffered from what Galileo called "some imperfections."[7] These he sought to set right by following the example of "that very great mathematician," Guidobaldo del Monte, to whom he sent his demonstrations. Galileo also sent a copy to other mathematicians, and the first to acknowledge receipt was Gioseppe Moleto, the incumbent of the Paduan Chair of Mathematics, who wrote in flattering terms that he had read Galileo's theorems and that he considered the author "a good and experienced geometer."[8] Another recipient was the Flemish mathematician and geographer, Abraham Ortelius, who gave his copy to Michel Coignet, who wrote from Antwerp to congratulate Galileo and discuss one of his propositions.[9] But the most influential person, along with Guidobaldo, to receive the essay was Christopher Clavius, who taught at the Roman College, the prestigious Jesuit center of higher learning in Rome. When Galileo went to Rome at the end of 1587, he called on Clavius to give him a copy of his work and ask for his comments. On 8 January 1588 he sent the Jesuit the corrections of a couple of minor errors in one of the demonstrations that he had left him, and said how eagerly he awaited his comments.[10] Clavius replied on 16 January and promised to examine the proofs as soon as possible. On the same day, Guidobaldo wrote to Galileo for the same reason, thanking him for the demonstrations and praising him in a way that only a generous senior professor knows how to do, namely by asking him for more material:

[6]Letter to Elia Diodati, 6th December 1633, in (Galilei 1890–1909, vol. XVII, 524). This would take us back to 1585 but the essay that he distributed to advertise his skill and to apply for a job was not ready before 1587. It is entitled *Theoremata circa centrum gravitatis solidorum* and was still topical enough in 1638 to be published as an appendix to Galileo's *Two New Sciences*. The text is printed in (Galilei 1890–1909, vol. I,187–208), and an English translation is available in (Galilei 1974, 261–280).

[7]Galilei, *Two New Sciences* in (Galilei 1890–1909, vol. VIII, 313), translated by Drake (Galilei 1974, 259).

[8]Testimonial dated 29 December in 1587 in (Galilei 1890–1909, vol. I, 183). On 12 December 1587, Giovanni Bardi de' Conti di Vernio, Giovanni Battista Strozzi, Piero Alamanni and Giovanni Battista Ricasoli Baroni had vouched for the originality of Galileo's demonstrations (*ibidem*). These were prominent members of the Florentine upper class but not mathematicians.

[9]Letter of Michael Coignet to Galileo, 31 March 1588, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 31–33).

[10]Letter to Christopher Clavius, 8 January 1588, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 23).

> I shall consider it a favour to receive whatever you have written on the center of gravity. In the light of the essay that you sent me, it can only be excellent. I know that I will learn a lot, having found in your essay depth and rigour, and a way of going about that is as beautiful as it is brief and concise.[11]

Guidobaldo also informed Galileo that his paraphrase and commentary of Archimedes' *On the Equilibrium of Planes* would be out in a few days, and that he would gladly send him a copy if Galileo would provide him with his address. Galileo complied but the book only came out at the end of March. In the covering letter, Guidobaldo declares that he wrote for beginners and not for someone like Galileo, and he stresses that he tried "to follow Archimedes as much as I could."[12] This was important for Guidobaldo saw himself as restoring the ideal of mathematical rigour that earlier writers such as Jordanus Nemorarius and Niccolò Tartaglia had forsaken. He had already made the point in his first letter to Galileo by explicitly commending him for following Archimedes in the two last propositions of his essay.[13] Guidobaldo's reaction against the earlier medieval approach was so great that he rejected the correct theorem of Nemorarius on the equilibrium on inclined planes and adopted the incorrect theorem of Pappus in its place. This misplaced homage to the Ancients and the ideal of absolute mathematical rigour in mechanics blinded Guidobaldo to the possibility of important advances that he would have been technically able to make. For instance, he insisted that, strictly speaking, the lines of descent of suspended weights at the ends of a balance are never mathematically parallel but converge toward the center of the Earth. This led him into an interminable discussion in what turned out to be an illusory quest for mathematical precision. We can contrast this with Galileo's curt dismissal of these theoretical considerations in the treatise of mechanics that he composed in 1593, and elaborated on in successive versions. Galileo was aware of the fact that he was departing from Guidobaldo's practice. He writes:

> Now I am not unaware that someone may object that for the purpose of these proofs I am assuming as true the proposition that weights suspended from a balance make right angles with the balance—a proposition that is false, since the weights, directed as they are to the center of the universe, are convergent.[14]

[11] Letter to Galileo, 16 January 1588, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 25). The commendation for conciseness is particularly interesting in view of the fact that Guidobaldo was anything but succinct in his own writings.
[12] Letter to Galileo of 24 March 1588, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 31).
[13] Letter of 16 January 1588, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 25). On this issue, see (Bertoloni Meli 1992; Micheli 1992).
[14] See (Galilei 1890–1909, vol. I, 300), translated by Drabkin (1960, 67).

Galileo may have departed from Guidobaldo (whom he does not mention), but he was anxious to explain at great length that it was because he followed Archimedes:

> To such objectors, I would answer that I cover myself with the protecting wings of the superhuman Archimedes, whose name I never mention without a feeling of awe. For he made the same assumption in his *Quadrature of the Parabola*. And he did so perhaps to show that he was so far ahead of others that he could draw true conclusions even from false assumptions. Yet we must not suppose, in a moment of doubt, that his conclusion is false, since he had earlier demonstrated the same conclusion by another geometric proof. Therefore we must say either that suspended weights actually make right angles with the balance, or that it is of no importance whether they make right angles, but that it is enough that the angles be equal. The latter would perhaps be sounder, unless we wish to say rather that this is a case of geometric license, as when Archimedes assumes that surfaces have weight, and that one surface is heavier than another, whereas, in point of fact, they are entirely without weight.[15]

Guidobaldo also missed a crucial point that Galileo made a general principle of his own enquiry, namely that the products of the force and virtual displacements at the ends of any system in equilibrium are equal. This escaped Guidobaldo for it seemed to him that, even in rigidly connected systems, the force required to sustain a weight is less than the force required to move it. In his own *Mechanics*, Galileo took the bold step of declaring that since it would take only a minimal, insensible surplus of heaviness to move a weight on the balance over the weight necessary to maintain it in equilibrium, he did not "take into account this insensible amount," and did not "make any distinction between the power to sustain the weight and the power to move it."[16] Whether we are dealing with balances in equilibrium or machines in motion, Galileo realized that the same proportionality of weights and distances applies.

It is to Guidobaldo's credit that in spite of these profound differences in outlook, he continued to value and praise Galileo. He had recognized a first-class mind and was eager to discuss with him on an equal footing. An instance of this open-mindedness is Guidobaldo's willingness to acknowledge his own mistakes. He had initially voiced his opinion that Galileo "begged the question" in one of his proofs,[17] but upon rereading it he saw that this was not the case and

[15] *Ibidem*.

[16] See (Galilei 1890–1909, vol. II, 164) translated by Drake and Drabkin (1960, note 17, 156).

[17] Letter to Galileo, 28 May 1588, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 74). The objection concerns the demonstration of Galileo's first proposition, which deals with the distribution of similar weights on

he handsomely apologized: "A couple of days after writing to you about your demonstration, I discovered where I had gone wrong."[18]

4.4 A Patron at Work

After leaving the University of Pisa Galileo gave private lessons in mathematics in Florence and Siena as he mentioned in 1588 when applying for a position at the University of Bologna where he had heard that they were considering creating a second position in mathematics. This would have been in addition to the Chair of Mathematics that was held by Pietro Antonio Cataldi, something rarely done. The post was eventually created but it went to Antonio Magini, who was already teaching at Bologna.

In March 1588 Galileo wrote to Guidobaldo to say that he would be passing through Pesaro in the near future, and Guidobaldo immediately invited him to spend a few days at his home. "Consider my house as your own," he wrote on 24 March.[19] If Galileo made the trip, this would have been his first opportunity to meet Guidobaldo. During their conversations they must have talked about an eventual opening for a job at Pisa for shortly thereafter Guidobaldo wrote a letter of recommendation to his brother, Francesco Maria, who was at the Florentine Court, in order to enlist his help. This letter was sent to Galileo who, according to custom, was to present it to Francesco Maria del Monte when he called on him. Unfortunately, Galileo was soon informed that the position in Pisa would not be immediately opened and he wrote to Guidobaldo on 16 July to request another letter from his brother, this time recommending him in general terms for a "teaching position in mathematics" in Florence.[20] By return of post, Guidobaldo informed Galileo that he had immediately written to Francesco Maria, and that he would use any influence he had to help Galileo succeed. "Tell me candidly what I should do," he added, "and I will act accordingly."[21] When things dragged on, Guidobaldo wrote once more to Galileo on 16 September: "I am sorry that the business is so drawn out, but I shall be very glad when it comes to a happy end.

---

different balances (Galilei 1890–1909, vol. I, 187–188). Galilei, *Two New Sciences*, translated by Drake (Galilei 1974, 261–263). The same objection had been raised by Clavius (letter to Galileo, 16 January 1588, in Galilei 1890–1909, vol. X, 24), to whom Galileo replied on 25 February defending his demonstration (Galilei 1890–1909, vol. X, 27–28). Clavius was not convinced and restated his objection by return of post (letter of 5 March 1588, in Galilei 1890–1909, vol. X, 29–35).

[18]Letter to Galileo, 17 June 1588, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 34–35).

[19]Letter to Galileo, 28 March 1588, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 33).

[20]Letter to Guidobaldo del Monte, 16 July 1588, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 36).

[21]Letter to Galileo, 22 July 1588, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 37).

If you think that I should do something else, just let me know and I shall do my very best as far as my modest influence extends."[22]

Francesco Maria del Monte was created a cardinal on 14 December, and Galileo immediately wrote to Guidobaldo to congratulate him and his family on this honour. Guidobaldo thanked him for the affection that was evident from "the joy that you express at the elevation of my brother."[23] The new Cardinal set to work and Galileo was duly appointed professor of mathematics at Pisa in November 1589. But the pay was mediocre and he kept an eye on possible openings elsewhere. The professor of mathematics in Padua, Gioseppe Moleto, had died in March 1588, but his post had not been filled, and Galileo thought of going to Padua to introduce himself and offer his services. Guidobaldo was informed and wrote to Galileo: "I would like to see you happier and paid better according to your deserts. I have no news from Venice [concerning the professorship at Padua] but I will make enquiries and let you know."[24] Guidobaldo nourished the hope, which he expressed in the same letter to Galileo, that Magini would not be confirmed in Bologna when he came up for renewal in a year and a half, and that Galileo could take his place. But Magini was eventually confirmed in his post, and Galileo grew restive. Once again, he appealed to Guidobaldo who replied on 21 February 1592:

> I am sorry to hear that you are not treated as you deserve, and even more unhappy that you have little hope of improvement. If you plan to go to Venice this summer, I invite you to come this way. For my part, I will not fail to do what I can to help you. I cannot leave you in this state, and although my means are modest I will use them all in your service.[25]

In the same letter Guidobaldo laments the fact that several of Galileo's letters went astray including the one in which Galileo wrote that his father had died (on 2 July 1591), and Guidobaldo expresses his condolences in warm and friendly terms.

Guidobaldo was again true to his word and he got in touch with his cousin, Giovanni Battista del Monte, the Commanding Officer of the Venetian Infantry and an important figure in Padua where he resided. The outcome was that Galileo was appointed Professor of Mathematics at the University of Padua. He delivered

[22] Letter to Galileo, 16 September 1588, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 37).

[23] Letter to Galileo, 30 December 1588, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 39). In this letter, Guidobaldo signs himself, for the first time, "come fratello" (as a brother). Before this date, he signed himself, more formally, as "Ser.^{re}," an abridged form of "Servitore" (Your servant).

[24] Letter to Galileo, 10 April 1590, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 42).

[25] Letter to Galileo, 21 February 1592, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 47).

his inaugural lecture on 7 December 1592, and promptly wrote Guidobaldo to thank him for his assistance. To which Guidobaldo replied: “You say that you are much obliged to me for your post in Padua. I really did nothing, and I do not want you to feel under any obligation whatsoever. You got it on your merit and your great knowledge.”[26] A reference to his cousin, Giovanni Battista del Monte, makes it clear however that he had been contacted.

Guidobaldo kept a lively interest in Galileo’s career and informed him about publications by other mathematicians, for instance, a new book by the Dutch mathematician, Adrian van Roomen.[27] His high and abiding esteem for Galileo is further confirmed by the fact that he sent his son, Orazio, to study in Padua where he also trained as a military officer under his uncle, Giovanni Battista del Monte. On 17 December 1597, Guidobaldo wrote to Galileo that his son had a good grounding in mathematics but that he is “to turn to you if he has any difficulty since I know that you will do me the favour of teaching him occasionally.”[28] This is the same Orazio to whom Galileo was later to send one of the first complimentary copies of his *Sidereus nuncius*. Acknowledging receipt, Orazio writes: “To have discovered four new planets is a marvelous thing. It’s like discovering a new world, and you now have excellent grounds to compete in fame with Columbus.”[29]

4.5 Guidobaldo’s Influence on Galileo’s Mechanics

As we have seen Galileo called on Guidobaldo perhaps as early as 1588 but no later than 1592. When the two met they discussed mathematics and more specifically the center of gravity of solids, but there is evidence that Guidobaldo also told Galileo about his investigation of projectile motion. Evidence is provided by an experiment that Guidobaldo carried out, perhaps repeatedly, between 1587 and 1592. In a surviving manuscript he states that if a ball is thrown upward with a catapult, a piece of artillery, or by hand, it will trace out the same path in falling as in rising, and the shape will be similar to the one that a rope, loosely attached at both ends, makes with the horizontal line. The shape, he declares, has the form of a parabola or a hyperbola and is better seen with a chain than with

[26] Letter to Galileo, 10 January 1593, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 54).
[27] Letter to Galileo, 3 September 1593, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 62). The reference is to Adrianus Romanus, *Ideae mathematicae pars prima sive methodus polygonorum*, Louvain, Johannes Masius 1593. The work is dedicated to Clavius.
[28] Letter to Galileo, 17 December 1597, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 72).
[29] Letter to Galileo, 16 June 1610, in (Galilei 1890–1909, vol. X, 372). The comparison of Galileo with Columbus is also found in Kepler’s letter to Galileo of 19 April 1610 (Galilei 1890–1909, vol. X, 324 and 325), and the one that he was sent by Campanella on 13 January 1611 (Galilei 1890–1909, vol. XI, 24).

a rope. Guidobaldo also adds that projectile motion can be studied to advantage by dipping a ball in ink and throwing it along the surface of an inclined surface so the ball can roll up and down. How far Guidobaldo went in his study of this motion is not known, but we can only be struck by the similarity of his method with Galileo's description of two ways of producing a parabola in the Third Day of his *Two New Sciences* of 1638. The first reads:

> I use an exquisitely round bronze ball, no larger than a nut, which is rolled on a metal mirror that is not held vertically but somewhat tilted, so that the ball rolls over it and presses it lightly. As it travels it leaves a very thin and smoothly traced parabolic line, which is wider or narrower, according as the ball is rolled higher or lower.

The second way consists in driving two nails into a wall at the same horizontal level and at a distance that is twice the width of the rectangle in which we want to draw a semiparabola. From these two nails we hang a fine chain that is long enough for the depth of its sagging to cover the whole expanse.[30]

Of course, it cannot be excluded that those passages in Guidobaldo's manuscripts were due to Galileo's influence. Setting aside the issue of authorship, however, it remains true that without Guidobaldo Galileo would have gone far, but he would not have moved as fast. He was indeed blessed with a gifted and generous patron.

References

Bertoloni Meli, D. (1992). Guidobaldo dal Monte and the Archimedean Revival. *Nuncius* 7:3–34.

Damerow, P., J. Renn, and S. Rieger (2001). Hunting the White Elephant: When and How Did Galileo Discover the Law of Fall? In: *Galileo in Context*. Ed. by J. Renn. Cambridge University Press, 21–149.

Drabkin, I. E. and S. Drake (1960). *Galileo Galilei On Motion and On Mechanics*. Madison: University of Wisconsin Press.

Drake, S. and I. E. Drabkin (1969). *Mechanics in Sixteenth-Century Italy*. Madison: University of Wisconsin Press.

Galilei, G. (1890–1909). *Galileo Galilei, Opere*. Ed. by A. Favaro. Firenze: Barbèra.

[30] See (Galilei 1890–1909, vol. VIII, 186–187); English translation in Galilei, *Two New Sciences*, by Drake (Galilei 1974, 142–143). See (Galilei 1890–1909, vol. VIII, 313); English translation in Galileo, *Two New Sciences* by Drake (Galilei 1974, 142–143). See the discussion in (Naylor 1974; Damerow, Renn, and Rieger 2001).

Galilei, G. (1974). *Two New Sciences, Including Centers of Gravity and Force of Percussion. Translated, with Introduction and Notes, by Stillman Drake*. Ed. by S. Drake. Madison: University of Wisconsin Press.

Micheli, G. (1992). Guidobaldo del Monte e la Meccanica. In: *La matematizzazione dell'universo*. Ed. by L. Conti. Assisi: Edizione Porziuncola, 87–104.

Monte, Guidobaldo del (1577). *Mechanicorum liber*. Pesaro: Hieronymum Concordiam.

— (1579). *Planisphaeriorum universalium theorica*. Pesaro: Girolamo Concordia.

— (1580). *De ecclesiastici calendarii restitutione opusculum*. Pesaro: Girolamo Concordia.

— (1581). *Le mechaniche dell'illustriss. sig. Guido Ubaldo de' Marchesi del Monte: Tradotte in volgare dal sig. Filippo Pigafetta*. Venezia: Francesco di Franceschi Sanese.

— (1588). *In duos Archimedis aequeponderantium libros paraphrasis scholijs illustrata*. Pesaro: Hieronymum Concordiam.

— (1600). *Perspectivae libri sex*. Pesaro: Girolamo Concordia.

— (1609). *Problematum astronomicorum libri septem*. Venezia: Bernardo Giunti, Giovanni Battista Ciotti e soci.

— (1615). *De Cochlea*. Venezia: Evangelista Deuchino.

Naylor, R. (1974). The Evolution of an Experiment: Guidobaldo del Monte and Galileo's Discorsi demonstration of Parabolis Trajectory. *Physis* 16(4):232–346.

Pappus (1588). *Pappi Alexandrini mathematicae collectiones a Federico Commandino Urbinate, in latinum conversae, et commentariis illustratae*. Pesaro: Girolamo Concordia.

Sinisgalli, R. and S. Vastola, eds. (1994). *La teoria sui Planisferi universali di Guidobaldo del Monte*. Firenze: Edizioni Cadmo.

Chapter 5
Guidobaldo, Galileo, and the History of Mechanics

Domenico Bertoloni Meli

5.1 Introduction

In this essay I consider some perspectives from which Guidobaldo del Monte's work on mechanics was viewed in the historical literature around his time and in subsequent centuries. At first sight it may seem peculiar to address the matter from this angle, since from the greatest part of the current historiography Guidobaldo's chief contribution to mechanics—the 1577 *Mechanicorum liber*—appears at best largely unrelated and at worst a hindrance to the tumultuous developments of this field, especially the science of motion right to the time of Isaac Newton and the birth of analytic mechanics around 1700. In fact, following the analysis by Pierre Duhem, del Monte has often been perceived in the literature as a pedant who worried over insignificant factors in the case of the equilibrium of the balance, for example, and posed a major stumbling block in the transition from statics to a science of motion by arguing that the relations valid in the case of equilibrium are not valid for motion. According to current interpretations, it was left to Galileo to lift that block in a bold move culminating with the 1632 *Dialogo* and especially the 1638 *Discorsi*. Several historians later in the century followed Duhem's views.[1]

However, there are many ways to look at Guidobaldo's contributions to mechanics and historically there have been many ways to look at *Mechanicorum liber*. My contribution does not aim at an exhaustive survey but rather explores four moments of the fortune—or, one could say, at times misfortune—of Guidobaldo's legacy in reverse chronological order. I start from a brief analysis of Pierre Duhem's views at the beginning of the twentieth century. I then move to the mathematician and also historian of mechanics Joseph-Louis Lagrange, whose historical introductions dating from ca. 1800 to the different editions of his *Mécanique analitique* contain valuable analyses of the development of mechanics and of Guidobaldo's contributions in particular. I continue my journey

[1] For the pervasive nature of Duhem's views see (Rose 1975, 233; Drake and Drabkin 1969, 46; Wallace 1984, 204–5, 241).

backwards in time moving to the seventeenth century, especially to the French mathematician Pierre Varignon, who was inspired by René Descartes to challenge the systematization of mechanics offered by Guidobaldo. Both Varignon and Descartes questioned whether it was acceptable to take the lever as the starting point of statics and sought instead more abstract and general principles. Lastly, I reach Galileo and his mentor Guidobaldo; I consider different aspects of their relationships, arguing that while in some respects Galileo broke with his mentor, in others he followed him quite closely.

I consider different ways of practicing mechanics: one, with which perhaps we are more familiar, relies on principles—increasingly more abstract and general—from which the solution to different problems can be derived; the other way relies either on the established example of the lever, or on other examples in different fields, and seeks to employ them to solve more complex problems by showing that they can be reduced to simpler cases. Instances involve showing that the winch or the inclined plane can be reduced to a lever, or that the motion of projectiles can be reduced to a special case of falling bodies. In conclusion, I wish to argue that, despite significant shortcomings, from both perspectives Guidobaldo played a more significant role in the development of seventeenth-century mechanics and the science of motion than has been generally acknowledged.

5.2 Duhem and the Punctilious Scholar

The French historian and philosopher of science Pierre Duhem has portrayed an influential image of Guidobaldo that has dominated the entire twentieth century. In his two volumes on *Les origines de la statique* (Paris, 1905-1906), Duhem provided a comprehensive account of the discipline across the centuries. In his account Duhem made of Guidobaldo a mediocre pedant or, in his words, a "narrow-minded" and "punctilious" mind eager to quibble over matters of little or no significance while disregarding valuable insights provided by the intuition of his medieval predecessors. Overall, Duhem was eager to promote the Middle Ages over the Renaissance: Guidobaldo's allegiance to the Greeks and dislike for medieval scholars such as Jordanus of Nemore did not fare well with the French historian. Moreover, in *Les origines de la statique*, Duhem was quite interested in results, whereas Guidobaldo showed greater sensitivity to the rigor and coherence of proofs and methods, or the foundational aspects of mechanics: in the case of the problem of the equilibrium of weights on the inclined plane, for example, del Monte preferred the problematic solution by Pappus of Alexandria—the Greek mathematician of the fourth century CE—over the more satisfactory result by Jordanus. I have deliberately used the term *result* by Jordanus, since his method has been considered problematic in that according to some he introduced in the proof the result he wished to demonstrate. Be that as it may, Jordanus did not rely on the lever in order to account for the inclined plane, as advocated by Pappus and del Monte, but rather sought an independent solution. I shall discuss del Monte's solution below. Since I have dealt elsewhere with Duhem's work and its pervasive influence, I can be rather brief here.[2]

In *Mechanicorum liber* Guidobaldo discussed at great length the problem of the equilibrium of the balance in which the center of suspension and the center of gravity coincide. One may question what is the general significance of this problem, given that it does not seem to be of central importance to the history of mechanics. In fact, the issue is quite subtle because it does involve an important methodological point concerning the problem of rigor and of approximations in the transition from mathematics to *physica* or the study of nature: in the sixteenth century it was not immediately clear which factors had to be included and which ones could be neglected, what was a suitable and acceptable approximation, and which approximation introduced significant errors in the result. Thus I would argue that although the problem of the equilibrium of the balance in the panorama of studies of sixteenth-century mechanics cannot be seen as crucial in terms of results, it did have broader methodological implications.[3]

At first del Monte's lengthy discussion seems paradoxical: in the opening of his treatise, he had argued that the key notion to study the equilibrium of the balance is that of center of gravity, which does not change by rotation. Therefore, if we rotate a balance suspended by its center of gravity, the equilibrium conditions are not altered and the balance remains stable in any position in which it is left, or is in a position of indifferent equilibrium. Later, however, del Monte challenged the opinions of his predecessors Niccolò Tartaglia, Gerolamo Cardano, and Jordanus of Nemore, who had argued that the balance returns to the horizontal position. In the course of his refutation of their views, del Monte seems to defend a different position, namely that the balance, far from returning to the horizontal position, tips over until it is perpendicular to the horizon. In justifying his reasoning del Monte introduced the notion that, strictly speaking, the lines of descent of the heavy weights of the balance are not parallel among themselves, but converge to the center of the earth. It is worth recalling that he was not the first to raise this issue of the convergence of the lines of descent: Tartaglia, for example, had mentioned it only to conclude that the amount of the deviation from the perpendicular was too small to be of any significance. Thus del Monte seems to contradict himself in arguing, first, that the balance is in a position of indiffer-

[2] See (Bertoloni Meli 2006, 26–30) and P. Duhem, *The Origins of Statics*, published originally in 1905–6, transl. in (Duhem 1991, 151–152).

[3] See (Bertoloni Meli 2006, 10–12, 32–35). On this topic see also (Gamba and Montebelli 1988, 213–250; Damerow, Renn, and Rieger 2001; Palmieri 2008, 302).

ent equilibrium, and then that it tips over. In fact, a more careful analysis of the text shows that Guidobaldo used the convergence of the lines of descent as part of an intellectual and rhetorical strategy. He did believe that in the case of a weight attached to one arm of a balance, that weight would descend not exactly perpendicularly, but at a tiny angle. In the case of two weights, however, he considered the center of gravity of the balance, which remained in the same position when the balance is rotated (see Figure 5.1).

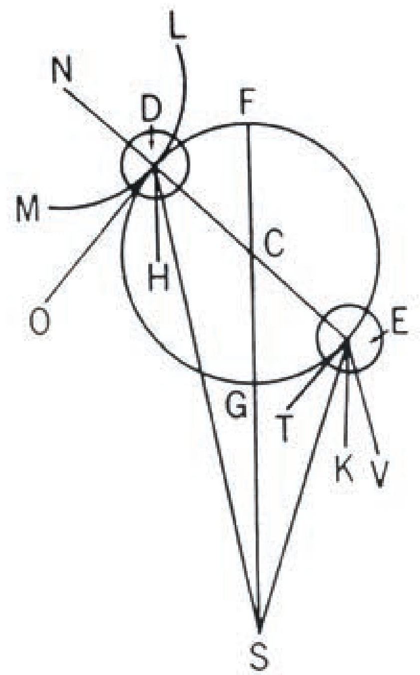


Figure 5.1: Del Monte and the convergence of the lines of gravity

We can gain a deeper understanding of del Monte's strategy by considering that Tartaglia and some of his contemporaries and predecessors had attached a physical role to the so-called "angle"—the so-called angle of contact—between the circle and its tangent, a magnitude that we now consider strictly nil but that was not considered so at the time, although it was considered smaller than any given angle. Thus it appears that Guidobaldo was taking into account and comparing different magnitudes in his approximations, implying that it is not legitimate to ignore the tiny but finite angle of convergence of the weights of the balance toward the center of the earth while taking into account the angle of contact, which in any case is smaller. But in the end, Guidobaldo's reasoning had a rhetorical stance, since he did not believe that that convergence played a role in the equilibrium of the balance anyway. In fact, Guidobaldo accepted the reasoning by Tartaglia, Cardano and their predecessors only as a concession in a typical Renaissance mode of argumentation, in order to show that even accepting their assumptions, their conclusions still would not follow.[4]

I wish to prevent a misunderstanding of my argument. Despite Duhem's problematic interpretation, it would be wrong to dismiss the issue of the direction of the lines of descent of heavy bodies as insignificant, since it did attract the interests of, and stimulated debates among, several mathematicians in Guidobaldo's time as well as in the seventeenth century and beyond. In his *Mechanica*, for example, John Wallis discussed the problem of the equilibrium of the balance and argued that if the line of suspension coincides with the center of gravity and the lines of descent converge to the center of the earth, the balance will be in stable equilibrium if it is parallel or perpendicular to the horizon, but will tip to the perpendicular position from any oblique position. Earlier in the century the problem was discussed in print and in correspondence among Guidobaldo, his contemporaries and immediate followers, as Enrico Gamba, Vico Montebelli, and more recently Sophie Roux have shown.[5] At the time of the French revolution, historian of mathematics Jean Etienne Montucla pointed out that if the lines of descent converge to the center of the earth, the center of gravity is no longer fixed but varies by rotation, for example, contrary to what Guidobaldo had thought; one may add that, in such circumstances, the very notion of center of gravity needs to be redefined.[6]

5.3 Lagrange and the Principles of Mechanics

In *Mécanique analitique* Joseph-Louis Lagrange included four historical sections on the principles of statics, hydrostatics, dynamics, and hydrodynamics. The emphasis on "principles" in the heading is revealing: in line with the approach to which he was a leading contributor in the second half of the eighteenth century, Lagrange conceived the history of mechanics as a history of principles and sophisticated mathematics. It is common lore among historians that Lagrange prided

[4] See (Bertoloni Meli 2006, 26–30). Van Dyck (2006) has independently reached similar conclusions. See also the contribution by Walter R. Laird in this volume. Paolo Palmieri has defended rather different views in (Palmieri 2008, 302).

[5] J. Wallis, *Mechanica*, in (Wallis 1693-9, vol. 1, 619 and 630–2). See also (Drake and Drabkin 1969, p. 47; Gamba and Montebelli 1988, 241–242; Roux 2004, 36–52).

[6] See (Montucla [1799]-1802, vol. 1, 691; Duhem 1991, 332–333).

himself in having written a treatise on mechanics without figures; this is indeed a significant feature from the standpoint of this paper, since he selected from del Monte's work an aspect related to his own perspective that appears of secondary significance in *Mechanicorum liber*, where the visual aspect was of central significance.[7]

Lagrange considered three principles of statics: the first is the lever, stating that the lever is in equilibrium if the attached weights are inversely to the distances at which they are hung; the second is the composition of motions, which we are going to discuss below in dealing with Varignon; and the third is virtual speeds, stating that the powers are in equilibrium when they are inversely as their virtual speeds, estimated in the same directions as the powers.[8] We may wonder what role Lagrange attributed to Guidobaldo in his scheme. In the historical introduction to statics in the 1788 *editio princeps* of *Mécanique analitique*, Lagrange simply ignored Guidobaldo. In later editions, however, he inserted two references to *Mechanicorum liber*. In the first, he argued that Guidobaldo was unable to apply the principle of the equilibrium of the lever to the inclined plane and the machines that depend on it: indeed, as we know from Duhem's criticism, this was a problematic area of *Mechanicorum liber*, one in which del Monte had followed the unsatisfactory approach of Pappus and that Galileo later sought to correct. With regard to the third principle, that of virtual speeds, Lagrange attributed a preliminary formulation of it to del Monte, when the Marquis stated that in equilibrium: "The space of the [moving] power is to the space of the weight, as the weight is to the power that supports it." ("Spatium enim potentiae [moventis] ad spatium ponderis eandem habet, quam pondus ad potentiam pondus sustinenes"). Guidobaldo's formulation may sound rather convoluted, but in fact the issue is quite straightforward if we start from the lever: the moving power or weight is to the moved weight inversely as the lengths of the arms of the balance and the distances covered are proportional to those lengths. The same applies to the other simple machines such as the pulley or the winch, since they can all be reduced to the lever, according to Guidobaldo. The merit of his presentation was precisely that it provided a general formulation: del Monte, however, stated his principle for individual simple machines, one by one. Despite its potential generality, he preferred to operate at a simpler level, as we are going to see.[9]

---

[7] A critical analysis of Lagrange's historical work written by non-historians is (Capecchi and Drago 2005).

[8] See (Lagrange 1788, 8–11, at pp. 10–11). Lagrange provides a more sophisticated definition of this principle (Lagrange 1867-1882, vol. 11, 7, 19ff).

[9] Lagrange, *Mécanique* (1867-1882, vol. 11, 18–19); Lagrange referred both to *Le mecaniche* and to the *Discorsi* in the expanded 1656 edition (Lagrange 1811-1815, vol. 1, 7, 20; Monte 1577, ff. 43r–v with quoted passage, and f. 104v; Monte 1581, ff. 39r–v, 97r).

Lagrange's attribution has been fiercely questioned by Duhem; indeed in several instances Lagrange was rather swift in finding predecessors to this or that view. Recent scholars too, such as Edoardo Benvenuto, disagree with Lagrange. Benvenuto, however, found merit in Guidobaldo's principle linking the spaces described by the moving power and the moved weight and their respective power and weight, even though del Monte did not talk of virtual speeds and least of all of infinitesimal displacements. According to Lagrange, in his treatise on mechanics, *Le mecaniche*, first published by Marin Mersenne in 1634, Galileo extended Guidobaldo's individual statements and formulated a general principle for all simple machines, stating that the speed of the moving force is to the speed of the weight inversely as the weight is to the moving force: Galileo put together under one individual principle, stated in the opening of his work, what Guidobaldo had claimed for individual simple machines. Lagrange argued that John Wallis too adopted a version of this principle in his *Mechanica* of 1670–1.[10]

So far we have discussed Lagrange's views on the principles of statics. With regard to the science of motion or, as Lagrange called it, *la dynamique*, he attributed it entirely to the moderns, beginning with Galileo, excluding anyone before him.

5.4 Varignon, Descartes and the Rejection of Reduction

Let us move now to the remaining principle of statics according to Lagrange, that of composition of motion. In 1687—that fateful year—mathematician Pierre Varignon published a treatise addressed to the Paris Academy of Science, *Project d'une nouvelle mechanique*, in which he challenged del Monte's *Mechanicorum liber*. There are striking differences between Lagrange and Varignon: Lagrange discussed Guidobaldo from a strictly historical standpoint and paid special attention to his formulation of a general principle, an aspect that played a secondary role in *Mechanicorum liber* but that was of great significance to mechanics at the time when Lagrange wrote. Varignon treated Guidobaldo as a major figure in the field of mechanics, a proponent of an approach still worth considering, and, unlike Lagrange, examined Guidobaldo not for his formulation of a general principle of mechanics but rather for his practice based on the primacy of the lever. Varignon's publication raises several questions: In which sense was Varignon's project new? Why challenge a work first published in 1577, one hundred and ten years earlier, by an author who had died in 1607, eighty years before? Was Varignon's work related to broader concerns about the formulation and practice of mechanics at the time?

[10]See (Benvenuto 1991, vol. 1, *Statics and Resistance of Solids*, 80–1; Duhem 1991, 156–157; Galilei 1890–1909, vol. 2, 156–7, reprinted 1968; Galilei 1960, 148–149; Galilei 2002, 45–46).

A reader of Varignon's *Project* interested in new results, as opposed to methods, will be disappointed: Varignon's treatise is strictly methodological and foundational. In the preface Varignon states that he came across a letter in Descartes's correspondence in which Descartes argued that it was ridiculous to employ the principle of the lever to explain the pulley, as Guidobaldo del Monte had done in *Mechanicorum liber*.[11] The letter, now tentatively dated 1646, possibly addressed to the resident of the English monarch in The Hague, discusses various matters relating to mechanics and challenged Guidobaldo's attempt to reduce the pulley to the lever. It was in the brief treatise *Explication des engines*, however, that Descartes addressed the question of the foundations of mechanics understood as the science of simple machines in a more direct fashion. The *Explication* was appended by Descartes to a letter dated 5 October 1637 and addressed to Constantijn Huygens; the short treatise was first published in Paris in 1668 and then in Kiel in 1672. It is in that treatise that Descartes formulated the celebrated principle whereby the same force is required to raise a weight to a given height as to raise half that weight to double the height. Lagrange later considered Descartes's principle to be related to Galileo's principle expressed in *Le mecaniche*, first published by Marin Mersenne in 1634, and then in the 1656 edition of the *Discorsi*.[12]

In *Project d'une nouvelle mechanique* Varignon recognized that the Oxford Savilian professor of Geometry John Wallis had adopted a different approach, but this too he deemed conceptually not entirely satisfactory. In *Mechanica, sive de motu tractatus geometrico* of 1670–1, Wallis had followed an approach derived from Galileo and also from Guidobaldo—as pointed out by Lagrange. Wallis, however, did not share del Monte's primary concern and method of reduction of all simple machines to the lever.

Varignon argued that the lever has no privileged status over other simple machines; besides endorsing Descartes's rejection of the reduction of the pulley to the lever, he also questioned whether the lever had any link with the inclined plane, since both Guidobaldo and—in a more sophisticated fashion—Galileo had sought to reduce the problem of equilibrium of weights on an inclined plane to the lever or equivalently the balance, which is just a special example of a lever. His seems a curious statement given that in *The equilibrium of planes* Archimedes had provided an axiomatic theory of the equilibrium of the balance and therefore—at least historically—the lever did have a different status from that of the other simple machines. Thus Varignon was looking for a new and more abstract princi-

[11] "In trochlea autem ineptum mihi videtur vectem quaerere; quod si bene memini, Guidonis Ubaldi figmentum est" (Descartes 1897–1913, vol. 4, 696); see also (Duhem 1991, 421).

[12] See (Lagrange 1788, 9). If this were so, it would be extremely interesting in view of the fact that Galileo's principle was clearly inspired by Guidobaldo, as his *Le mecaniche* was inspired by *Mechanicorum liber*.

ple on which to base the science of mechanics of simple machines, one principle from which all simple machines could be explained and accounted for, without having to rely on one of them to explain the others. He found this principle in the composition of motions, stating the common parallelogram rule whereby the composition of two motions is directed along the diagonal of the parallelogram formed by the motions and has the length of that diagonal: the principle itself was not new, but the idea of using it in a foundational role was a novelty, as Lagrange was to point out in his 1788 historical account. Thus in this respect Varignon was justified in calling his work a "project for a new mechanics" (Lagrange 1788, 5–6). The best way to illustrate Varignon's method is to show some of his diagrams linking the *principle* of composition of motion to a study of simple machines (Figures 5.2 and 5.3).

As Descartes's and Wallis's cases show, Varignon was not isolated during the seventeenth century in seeking new and more general or abstract principles of mechanics. However, despite its inaccuracies, I believe that in this field Guidobaldo's *Mechanicorum liber* was still a notable source from a methodological standpoint. Guidobaldo had identified and addressed the problem of the foundations of mechanics: in order to be a *science*, mechanics could not be a heterogeneous collection of problems and *ad hoc* solutions, but had to be structured as a coherent body of knowledge descending from sound and widely accepted principles. For del Monte this anchor of certainty was to be found not in a new abstract principle but in the classical tradition and Archimedes's theory of the lever. By identifying levers in disguise—as we are going to see in the following section—in the simple machines, mechanics could expand to new and more challenging domains while at the same time retaining its certainty due to its link to Archimedes.

There is also another aspect worth considering at this point. First Galileo, and then others after him, had followed in part Guidobaldo's approach either in statics or—and this is a crucial point—in other domains of mechanics and the science of motion. As I have argued in *Thinking with Objects*, the practice of relying on some objects or cases to explain other more complex ones was quite widespread in the entire domain of the science of motion. It was this practice that was becoming less popular at the time of Varignon, because of the growing complexity and mathematization of mechanics on the one hand, and of the search for more general and comprehensive principles enabling mathematicians to go beyond the limited domains captured by the doctrine of the lever.

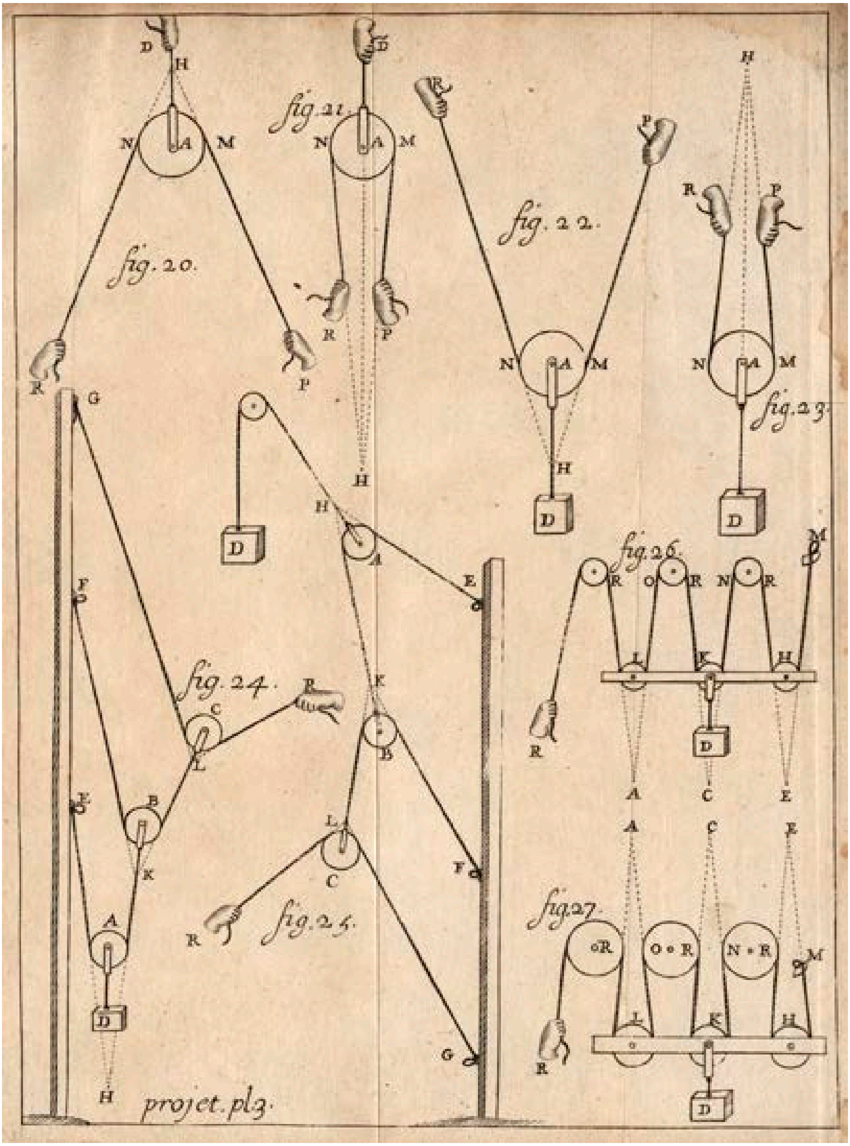


Figure 5.2: Varignon's principle

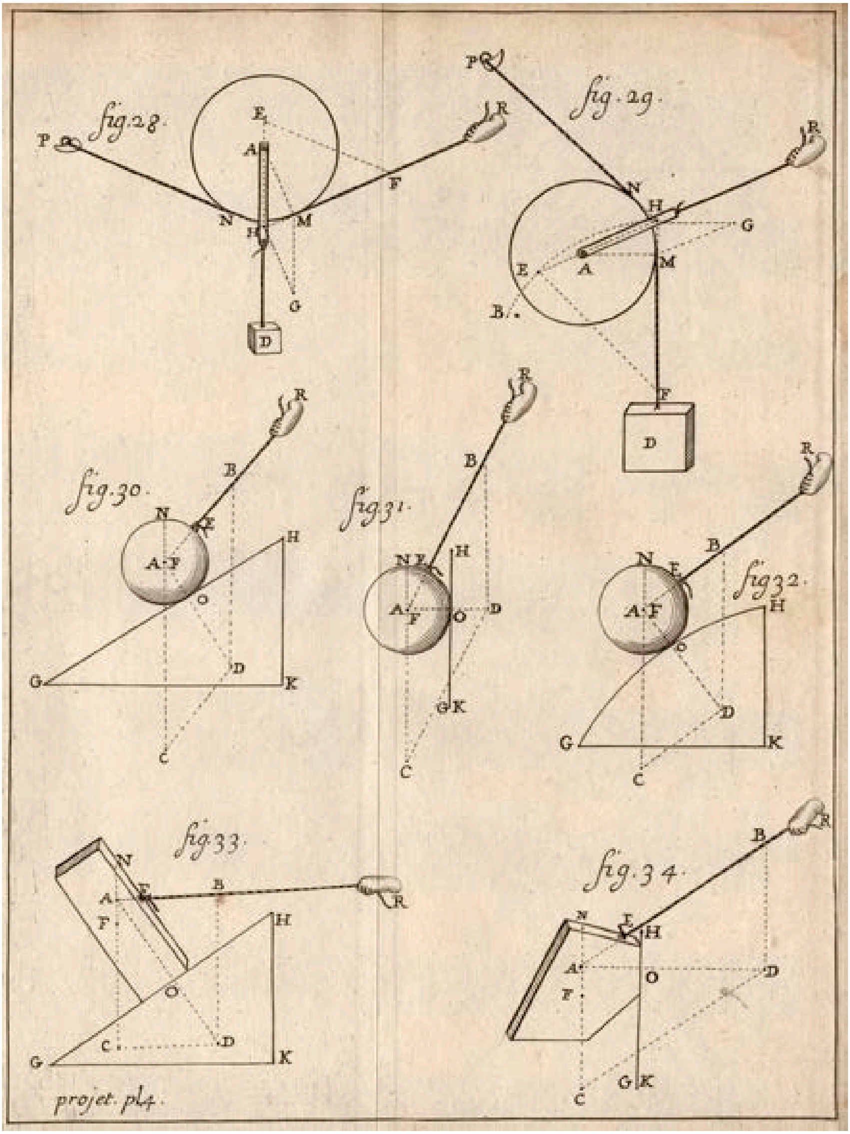


Figure 5.3: Varignon's principle

This departure from Guidobaldo's way of proceeding is exemplified by Newton's idea of explaining orbiting bodies in terms of projectiles (Figure 5.4). In a preliminary popular version of the third book of the *Principia mathematica*—symbolically published in the very same year of Varignon's treatise—Newton had included a diagram to this effect. This way of practicing mechanics and the science of motion, however, was perceived in a different way from the time of Guidobaldo. It is significant in this respect that Newton never published his diagram, which came to light only in 1728, one year after his death, when it was published not as a piece of current research but more like an addition to the shrine of Newtoniana. This famous diagram shows that orbiting bodies are projectiles by relating them directly in a visual way. In the text, however, Newton studied all cases starting from abstract principles—his famous three laws and collateral assumptions—in a style not dissimilar from that adopted by Varignon in his project for a new mechanics.

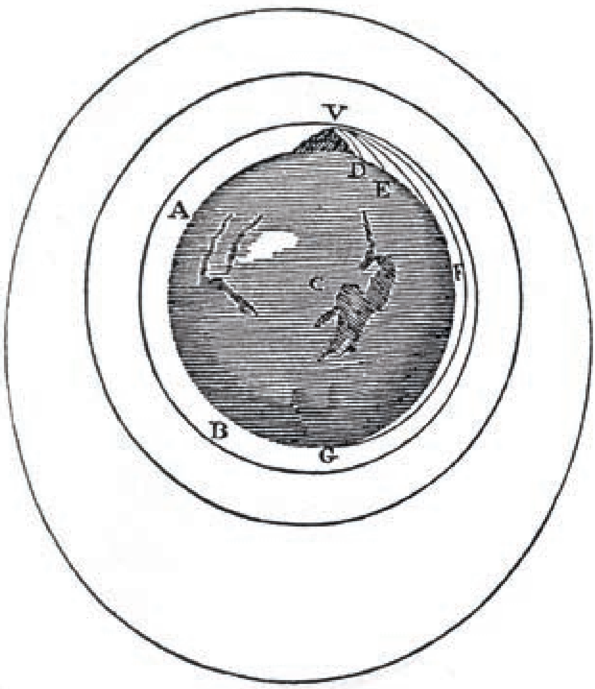


Figure 5.4: Newton's diagram

5.5 Guidobaldo, Galileo and the Practice of Mechanics

Important as principles are, I believe that they should not be seen as the only way of practicing mechanics, especially at a time when mathematicians often reasoned by analogy—whether this was rigorous or not is not my primary concern here—and explicitly advocated a way of doing mechanics based on the conceptual and practical manipulation of objects. While del Monte did attempt to formulate a principle of mechanics anchored to the objects or devices under investigation, he also invoked and applied in practice a visual hands-on approach that eschewed abstract principles in favor of concrete techniques and methods of proceeding. It is to his own work that I now turn.

Guidobaldo was the heir of a tradition, going back to Pappus and beyond, seeking to account for all simple machines in mechanics in terms of the lever. A similar approach can be found in other ancient texts in mechanics, such as the *Quaestiones mechanicae* then attributed to Aristotle and now considered to be the work of one of his early followers; that work, however, does not consider the simple machines and at times seems more concerned with the theme of wonder at the properties of the circle and balance than with rigorous proof. Moreover, *Quaestiones mechanicae* deal with a range of problems and not all of them can be reduced to the balance. It is in Book 8 of the *Collectiones mathematicae* by Pappus that one finds the most complete and influential treatment of mechanics based on the lever and it is no accident that Guidobaldo took Pappus as his master. The work had not been published yet but in all probability Guidobaldo had access to the translation by his teacher Federico Commandino that he was to see through the press in 1588, eleven years after *Mechanicorum liber* was published. First, one may ask, why start from the lever? The answer to this question was straightforward for both Pappus and Guidobaldo: the doctrine of the lever had been formulated and formalized by Archimedes in *On the equilibrium of planes* and was therefore the bedrock of mechanics: it was impossible to go beyond "divine" Archimedes in terms of authority and certainty. But it seems fair to argue that besides relying on historical precedence and authority, del Monte and others saw in the lever the archetypal mechanical device conceptually as well.

Another question one may ask is in what way the lever was used. There is no better way than to look at a concrete example, such as the winch: in this instance, del Monte started from an engineering diagram of the actual device shown in perspective. Then he showed a geometric section of the same and through this geometric diagram he showed visually in a process that I have called "visual unmasking" that lurking inside the winch one could detect a lever: this is what Guidobaldo called "reduction" of the winch to the lever (Figure 5.5). Another celebrated and in this case problematic example is that of the inclined plane. Here too Guidobaldo sought to find a lever in disguise, but in this case his solution ended up being problematic at many levels.[13]

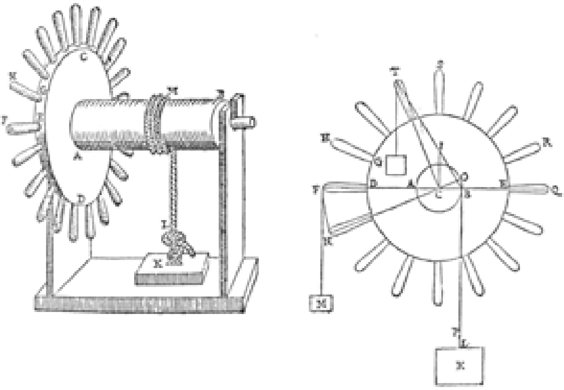


Figure 5.5: Guidobaldo on the winch

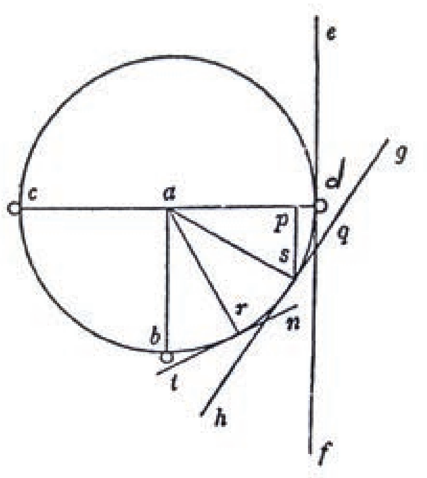


Figure 5.6: Galileo and the inclined plane

[13] See (Bertoloni Meli 2006, 24; Henninger-Voss 2000, 233–59, at 251–2).

Guidobaldo talked explicitly of a “reduction” of simple machines to the lever and the cases we have just seen illustrate his important concept. Looking at *Mechanicorum liber*, one does not get the impression that Guidobaldo worked from abstract principles, like those at the center of Lagrange’s historical reconstruction, although he did formulate an abstract principle in terms of moving power, weight to be moved, and time. Rather, he worked from a form of visual reasoning in which the geometric diagram occupied center stage. Lagrange’s emphasis on his rejection of figures highlights the gulf between these different ways of conceiving mechanics.[14]

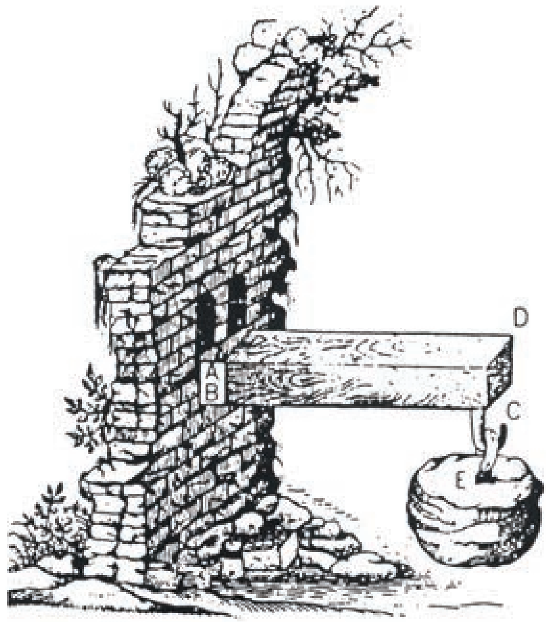


Figure 5.7: Galileo and the beam

Moving on to Galileo now, we notice a tension between Guidobaldo’s program and Galileo’s own work. I believe that initially Galileo sought and hoped to be able to fix the problems in Guidobaldo’s account and then to extend the methods and ideas of his mentor to new domains, notably the science of the resistance of materials and the science of motion. We have seen above that del Monte’s

[14] See (Monte 1577, f. 105v).

treatment of the inclined plane was defective. In providing a different viable account, Galileo attempted to rely on the same notion of "reducing" the inclined plane to the lever, though in this case the situation was slightly more complex in that Galileo had to draw an auxiliary balance (Figure 5.6) *cas* or *car* with bent arms, where the arm *as* is perpendicular to the inclined plane *hg*, and the arm *ar* to *tn*, rather than just uncovering or unmasking it; on the basis of simple geometry he could conclude that the weights of the bodies on the inclines are in equilibrium when they are inversely as the lengths of the inclines. As to the science of resistance of materials, Galileo's method is strikingly similar to Guidobaldo's: he sought to identify a lever lurking in the geometric diagram of a beam protruding from a wall (Figure 5.7), where B is the fulcrum and AB and BC are the arms.[15]

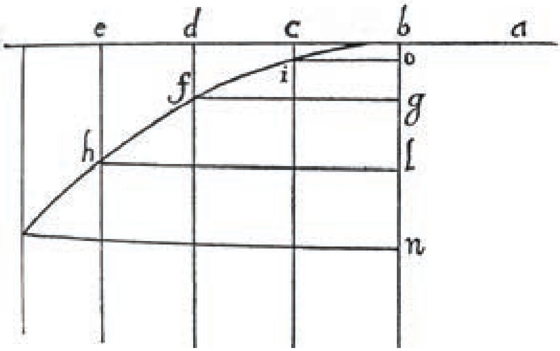


Figure 5.8: Galileo's parabolic trajectory

Galileo's early attempts to deal with the science of motion rely on the balance too, but Galileo soon realized that this path was not viable. He struggled for many years—even after the publication of the *Discorsi* in 1638, aged seventy-four—seeking a so-called mechanical foundation for the science of motion. Then in 1638 he put forward a new science relying on a definition and an axiom or postulate that were unrelated to the lever. Other portions of the science of motion, however, relied on visual techniques similar to those used by Guidobaldo. In the case of projectiles, Galileo showed lurking inside (Figure 5.8) a parabolic trajectory *bifh* a falling body, identified by the odd-number rule *bogln*: thus he was able to show that the violent motion of a projectile and the natural motion of

[15]See (Galilei 1890–1909, vol. 1, 298; Galilei 1960, 64–65; Bertoloni Meli 2006, 54–55 and 93). See also (Bertoloni Meli 2010a).

a falling body were just variants of each other, the difference being a horizontal projection.[16]

Similar techniques can be found throughout the century, in different forms. From Robert Hooke, who considered the orbital motion of a planet analogous to that of the bob of a conical pendulum, to Domenico Guglielmini, who saw a river as a more complicated version of a container filled with water with a hole at the bottom, this form of proceeding was pervasive. Although Guidobaldo was not the inventor of this style of work, he was certainly one of the most coherent proponents: it is through his work and in part Galileo's that we gain the best sense of this practice throughout the seventeenth century.

5.6 Concluding Comments

Guidobaldo was concerned with rigorous foundations of mechanics as opposed to a set of solutions to individual cases of this or that simple machine. In metaphorical terms, we can see Guidobaldo's program like a glacier slowly moving forward, solidly secured to its Archimedean sources represented by the theory of the lever. Guidobaldo saw the virtue of keeping the glacier intact even at the cost of limiting the areas he could explore, thus excluding a mathematical science of motion, for example.

In seeking to extend Guidobaldo's method to new areas while, at the same time, remaining committed to the primacy of the lever, Galileo realized that he had to make a choice: either remain committed to del Monte's strict program without being able to deal with new domains such as the science of motion, or extend his domain, breaking with the lever and del Monte's tradition. Galileo chose the latter, though he remained deeply committed to the problems of rigor and foundations in an Archimedean tradition. Thus with Galileo the glacier fractured and gave rise to a series of icebergs, isolated from the theory of the lever: within those icebergs, one can still detect a method similar to del Monte's, of explaining more complex problems by having recourse to simpler ones, often in the same visual fashion practiced by del Monte or in analogous ways. This method continued to be practiced in a wide set of domains for a large portion of the seventeenth century, and at times even beyond. Those floating icebergs were more and more isolated and distant from the glacier, but they were still viable areas within which to apply similar techniques. By the time of Newton and Varignon, many of those icebergs had become pools of cold water: mechanics was no longer practiced by analogy and visually, but rather by relying on increasingly abstract

[16]See (Galilei 1890–1909, vol. VIII, 198, 205–208; Galilei 1974, 154–165; Bertoloni Meli 2006, 50–60 and 66–104; Bertoloni Meli 2010b, 23–41). See also (Laird 1997).

principles with the usage of more and more sophisticated mathematical tools including infinitesimal geometry and the new analysis of differential equations.

Thus, although Lagrange may have overstated his case, Guidobaldo left a more lasting legacy to a larger portion of seventeenth-century mechanics than surmised by Duhem, both with regard to the reduction of complex objects or devices to simpler ones—whether this was a lever or not—and to the formulation of principles, not as abstract and general as Lagrange had believed, but solidly anchored to specific devices. Galileo shared the concern for rigorous foundations and played a key role in expanding and modifying his mentor's legacy with regard to both traditions: he relied on the process of unmasking simpler objects lurking inside more complex ones, and formulated some principles securely anchored to specific devices.

In conclusion, Lagrange and Varignon proved perceptive historians in identifying del Monte's concerns and practice, and in seeing him as a significant figure in the history of mechanics. Their works offer strikingly different perspectives from Duhem's and provide material for critical reflection and analysis on the changing horizons of mechanics.

References

Benvenuto, E. (1991). *An Introduction to the History of Structural Mechanics*. New York: Springer.

Bertoloni Meli, D. (2006). *Thinking with Objects. The Transformation of Mechanics in the Seventeenth Century*. Baltimore: John Hopkins University Press.

— (2010a). Patterns of Transformation in 17th-Century Mechanics. *The Monist* 93:578–595.

— (2010b). The Axiomatic Tradition in 17th Century Mechanics. In: *Discourse on a New Method. Reinvigorating the Marriage of History and Philosophy of Science*. Ed. by M. Dickson and M. Domski. Chicago: Open Court, 23–41.

Capecchi, D. and A. Drago (2005). On Lagrange's History of Mechanics. *Meccanica* XL:19–33.

Damerow, P., J. Renn, and S. Rieger (2001). Hunting the White Elephant: When and How Did Galileo Discover the Law of Fall? In: *Galileo in Context*. Ed. by J. Renn. Cambridge University Press, 21–149.

Descartes, R. (1897–1913). *Oeuvres*. Ed. by C. Adam, P. Tannery. Paris: Léopold Cerf.

Drake, S. and I. E. Drabkin (1969). *Mechanics in Sixteenth-Century Italy*. Madison: University of Wisconsin Press.

Duhem, P. (1905-1906). *Les origines de la statique*. Paris: Hermann.

— (1991). *The Origins of Statics*. Dordrecht: Kluwer.

Galilei, G. (1890–1909). *Galileo Galilei, Opere*. Ed. by A. Favaro. Firenze: Barbèra.

— (1960). *On Motion and on Mechanics: Comprising De Motu (ca. 1590) and Le Meccaniche (ca. 1600)*. Madison: University of Wisconsin Press.

— (1974). *Two New Sciences, Including Centers of Gravity and Force of Percussion. Translated, with Introduction and Notes, by Stillman Drake*. Ed. by S. Drake. Madison: University of Wisconsin Press.

— (2002). *Le mecaniche*. Ed. by R. Gatto. Firenze: Olschki.

Gamba, E. and V. Montebelli (1988). *Le scienze a Urbino nel tardo Rinascimento*. Urbino: QuattroVenti.

Henninger-Voss, M. (2000). Working Machines and Noble Mechanics: Guidobaldo del Monte and the Translation of Knowledge. *Isis* 91:233–259.

Lagrange, J. L. (1788). *Méchanique analitique*. Paris: Desaint.

— (1811-1815). *Mécanique analytique*. Paris: Ve Courcier.

— (1867-1882). *Oeuvres*. Paris: Gauthier-Villars.

Laird, W. R. (1997). Galileo and the Mixed Sciences. In: *Method and Order in Renaissance Philosophy of Nature*. Ed. by D. A. Di Liscia, E. Kessler, C. Methuen. Aldershot: Ashgate Publishing Limited, 253–270.

Monte, Guidobaldo del (1577). *Mechanicorum liber*. Pesaro: Hieronymum Concordiam.

— (1581). *Le mechaniche dell'illustriss. sig. Guido Ubaldo de' Marchesi del Monte: Tradotte in volgare dal sig. Filippo Pigafetta*. Venezia: Francesco di Franceschi Sanese.

Montucla, J. E. ([1799]-1802). *Histoire des mathématiques*. Paris: H. Agasse.

Palmieri, P. (2008). Breaking the Circle: The Emergence of Archimedean Mechanics in the Late Renaissance. *Archive for History of Exact Sciences* 62: 301–346.

Rose, P. L. (1975). *The Italian Renaissance of Mathematics*. Genève: Droz.

Roux, S. (2004). Cartesian Mechanics. In: *The Reception of the Galilean Science of Motion in Seventeenth-Century Europe*. Ed. by C. R. Palmerino and J. M. M. Hans Thijssen. Dordrecht: Kluwer, 25–66.

Van Dyck, M. (2006). Gravitating Towards Stability: Guidobaldo's Aristotelian-Archimedean Synthesis. *History of Science* 44:373–407.

Wallace, W. A. (1984). *Galileo and His Sources*. Princeton, N. J.: Princeton University Press.

Wallis, J. (1693-9). *Opera mathematica*. Oxford: Sheldonian Theater.

II. Mathematics and Theory of Perspective

Chapter 6
Guidobaldo e la teoria delle proporzioni

Enrico Giusti

6.1 Introduzione

Quando sul finire del Quattrocento l'invenzione della stampa determina una repentina accelerazione nella diffusione delle opere dei classici, sottraendole alla laboriosa e sotterranea circolazione manoscritta, tra i primi testi matematici che la tipografia mette a disposizione degli studiosi figurano gli *Elementi* di Euclide. Il numero sterminato di edizioni, traduzioni, ristampe, che si succedono per tutto il sedicesimo secolo,[1] testimonia della capillare diffusione dell'opera euclidea, la cui assimilazione contribuirà non poco al diffondersi di una cultura matematica unitaria, e dunque al formarsi di una comunità scientifica universale.

Il processo di appropriazione degli *Elementi* è diseguale. Alcuni capitoli più semplici, come i primi quattro, o i libri dal settimo al nono, dedicati all'aritmetica, o anche, seppure con qualche maggiore difficoltà, quelli che trattano della geometria solida, vengono rapidamente assimilati, non senza dar luogo in alcuni casi a lunghe discussioni. Altre parti, come ad esempio il decimo libro, sono tecnicamente più ardue e meno comprensibili; la loro acquisizione è più lenta e non di rado vengono tralasciate, specie nelle trattazioni più elementari, essendo ritenute, non a torto, di livello superiore e dunque riservate agli specialisti.

In questa scala di complessità crescenti, il quinto libro degli *Elementi*, in cui si introduce la teoria generale delle proporzioni, occupa un posto singolare. Da una parte infatti esso è un libro essenziale per chi voglia progredire al di là delle parti elementari della geometria, soprattutto quando nella seconda metà del XVI secolo la teoria delle proporzioni diventa il linguaggio naturale per una nuova concezione della filosofia naturale che troverà in Galileo la prima realizzazione compiuta.

Ma allo stesso tempo, il quinto è un libro difficile e complesso. Difficile per il grado di astrazione di gran lunga superiore al resto del trattato, difficile per la mancanza di una qualsiasi rappresentazione grafica che permetta di "vedere" la necessità dei risultati al di là del lento procedere delle dimostrazioni, difficile

[1] Riccardi (1887-1890) registra più di 70 edizioni o ristampe prima del 1600.

per la persistenza di una tradizione medievale che, insistendo sulle proporzioni razionali e sulla loro classificazione e nomenclatura, impediva di cogliere le sottigliezze della teoria generale o quanto meno le annacquava in una prospettiva aritmetizzante, che ne tradiva il senso geometrico traducendone gli enunciati in numeri e operazioni. Infine, difficile soprattutto per la sua stessa architettura assiomatica fondata sulle definizioni di rapporti uguali e disuguali, due definizioni che nulla concedono all'intuizione e che richiedono che si proceda per pura deduzione.

A tutto ciò si deve aggiungere poi un ulteriore fattore di complicazione: il testo stesso del quinto libro, o quanto meno il testo di cui disponevano gli studiosi medievali e cinquecenteschi, si presentava corrotto e interpolato, una circostanza che è allo stesso tempo fonte di ulteriori problemi di interpretazione e segno della complessità della materia e delle difficoltà che si frapponevano a una sua corretta comprensione e di conseguenza alla correzione dei passaggi più discutibili.

Infine, non ultimo, il rispetto quasi religioso per dei testi che, per imperfetti che potessero sembrare ai geometri più avvertiti, rappresentavano l'eredità di una cultura scientifica incomparabilmente più sviluppata di quella di chi li studiava, e il cui compito era non di giudicarne o correggerne le presunte manchevolezze, ma di spiegarne, per quanto possibile, i passi più oscuri, o piuttosto quelli che apparivano tali a causa della distanza tra "la suprema accuratezza d'Euclide" e le capacità limitate degli interpreti.

Il processo di appropriazione del quinto libro degli *Elementi* si articola in tre fasi successive.

La prima, che va dalla riscoperta del testo euclideo, o meglio della traduzione latina di una versione araba, fino all'incirca alla metà del Cinquecento, si può chiamare con buona approssimazione la fase della giustificazione. Il testo degli *Elementi* viene assunto in toto, indipendentemente dalle difficoltà di interpretazione, al limite dell'incomprensibilità, che esso pone in vari luoghi, e che traevano la loro origine da errori di trascrizione e di traduzione, presenti fin dalle prime versioni latine e forse già nel codice su cui queste vennero condotte, limitandosi il traduttore a una mera versione letterale, e il commentatore all'interpretazione dei passi più oscuri, che con esempi e commenti cercherà di rendere in qualche modo accettabili.

Segue poi un periodo di sistemazione, che si estende fino alla fine del secolo, nel quale, favoriti dalla possibilità di accedere direttamente a codici migliori, ma anche da una più estesa cultura scientifica e da una maggiore fiducia nelle proprie capacità, gli studiosi riescono a procurare delle edizioni filologicamente più corrette e soprattutto matematicamente coerenti. Su tali edizioni si formeranno i nuovi scienziati, che avendo assimilato il contenuto scientifico del quinto libro se ne serviranno come strumento di ulteriori ricerche sia in ambito strettamente geometrico, sia nel processo di creazione della nuova scienza, che in esso troverà il proprio linguaggio matematico. L'incontro con la filosofia naturale segna una svolta nel processo di assimilazione della teoria delle proporzioni, che ora non viene giudicata più soltanto dal punto di vista della coerenza interna, ma anche soprattutto da quello dell'efficacia strumentale. E come la complessità delle definizioni euclidee aveva rallentato la piena comprensione della struttura matematica della teoria, così, ora che i principi geometrici e le tecniche dimostrative si possono considerare acquisiti, altre esigenze, stavolta estranee alla coerenza interna della costruzione euclidea ma non per questo meno impellenti, spingono per una semplificazione dell'apparato assiomatico, allo scopo di diminuirne la macchinosità e di conseguenza di accrescerne l'efficacia. Si assiste dunque a una divaricazione tra due opposte tendenze. Da una parte un atteggiamento filologico, che ha come scopo essenziale la ricostituzione del testo euclideo nella sua purezza, e nell'ambito del quale i commenti hanno la sola funzione di chiarificare e giustificare un testo che si può considerare come ormai acquisito; dall'altra un punto di vista strumentale, di chi si serve della teoria delle proporzioni come strumento di indagine nelle nuove scienze, e che quindi è disposto ad abbandonare la lettera della lezione euclidea quando ragioni di chiarezza e di semplicità facciano preferire altre formulazioni anche radicalmente diverse. In ambedue i casi si tratta di ricerche che di rado giungono a divenire pubbliche con le stampe, quasi che si trattasse più di chiarimenti privati che di prese di posizione pubbliche. Nondimeno a questo dialogo sotterraneo contribuiscono i massimi scienziati italiani del periodo a cavallo tra il sedicesimo e il diciassettesimo secolo; da Clavio a Benedetti, da Torricelli a Borelli, da Guidobaldo a Galileo; attori di un dibattito che rimarrà vivo finché il nuovo calcolo infinitesimale si proporrà con ben altra efficacia quale linguaggio unificante della filosofia naturale.

6.2 Le definizioni del V Libro

1. Una grandezza è parte di una grandezza, la minore della maggiore, quando la minore misura la maggiore.
2. La maggiore è multipla della minore, quando è misurata da questa.
3. Il rapporto è una relazione tra due grandezze dello stesso genere secondo la grandezza.
4. Due grandezze si dicono aver rapporto tra loro quando moltiplicate possono superarsi.
5. Quattro grandezze si dicono nello stesso rapporto, la prima alla seconda e la terza alla quarta, quando gli equimultipli della prima e della terza, presi secondo qualsiasi moltiplicazione, o sono ambedue maggiori, o ambedue

> uguali, o ambedue minori degli equimultipli della seconda e della quarta, presi secondo qualsiasi moltiplicazione.

6.3 L'acquisizione del testo euclideo

La prima metà del sedicesimo secolo vede il graduale emergere di un testo organico—quello dell'apparato assiomatico della teoria delle proporzioni—che viene via via depurandosi da interpolazioni e da interpretazioni che ne falsavano il significato e ne compromettevano una piena comprensione. Un esempio basterà per rendersi conto delle difficoltà di interpretazione. L'edizione più diffusa nella prima metà del Cinquecento, quella che Campano di Novara aveva procurato ricorrendo a una traduzione dell'arabo eseguita nel XIII secolo da Adelardo di Bath,[2] presentava al quinto posto una definizione chiaramente incongruente e spuria, probabilmente dovuta a un errore di un antico copista:[3]

> Si dicono avere proporzione continue quelle quantità i cui equimultipli o sono uguali o si sopravanzano o diminuiscono ugualmente senza interruzione.[4]

Le difficoltà di inserire una tale definizione in un sistema coerente, o comunque di giustificare in qualche modo la sua presenza, non sono di poco conto. Una prima interpretazione, che voleva che il costante sopravanzarsi o eguagliarsi degli equimultipli si dovesse intendere nel senso della uguaglianza delle differenze, era stata respinta dallo stesso Campano, che però aveva argomentato doversi leggere come uguaglianza dei rapporti:

> È chiaro che la similitudine degli eccessi o dei difetti non si deve intendere secondo la quantità dell'eccesso, ma secondo la proporzione. Pertanto il senso della definizione è: sono continuamente proporzionali quelle grandezze i cui molteplici uguali sono continuamente pro-

---

[2] Si veda (Clagett 1953).

[3] Il codice o i codici arabi utilizzati per queste traduzioni non sono noti. Peraltro la presenza sistematica di alcuni passi chiaramente corrotti fanno pensare che le traduzioni latine, in particolare quelle più importanti di Adelardo di Bath e di Ermanno di Carinzia, siano state condotte sullo stesso codice o quanto meno su codici con la stessa origine.

[4] Citiamo dall'edizione di (Pacioli 1509, c. 32v): "Quantitates que dicuntur continuam habere proportionalitatem: sunt quarum equemultiplicia aut eque sunt, aut eque sibi sine interruptione addunt aut minuunt."

> porzionali. Ma Euclide non ha voluto porre la definizione in questo modo, perché avrebbe definito una cosa tramite sé stessa.[5]

Pur riconoscendo la circolarità della definizione, Campano riteneva dunque di poterla accettare sotto la forma oscura in cui appariva nella sua versione degli *Elementi*. E d'altra parte non si vede come si possa sfuggire a una tale interpretazione circolare, se si vuole inserire la definizione in uno schema coerente, sicché la lettura proposta da Campano, pur riducendosi a una tautologia, è la sola accettabile senza evidenti e immediate contraddizioni.

Tre secoli dopo, una tesi simile è sostenuta da Oronce Finé:

> Dice Euclide che quattro grandezze sono nello stesso rapporto, la prima alla seconda e la terza alla quarta, quando presi equimultipli della prima e della terza, cioè delle antecedenti, ed equimultipli delle conseguenti, ossia della seconda e della quarta (anche secondo una moltiplicazione diversa dalla precedente), il multiplo della prima al multiplo della seconda ha lo stesso rapporto del multiplo della terza a quello della quarta.[6]

Si tratta però di posizioni sempre più isolate e sporadiche, spesso oggetto di critiche e confutazioni,[7] e nella seconda metà del XVI secolo l'assimilazione delle definizioni del quinto libro può considerarsi compiuta. In particolare, viene espunta la definizione spuria che abbiamo riportato sopra, e vengono respinte di conseguenza le interpretazioni di Campano e di quanti lo avevano seguito. Così Tartaglia, pur riportando la definizione in questione, dice:

> La qual diffinitione, penso questo et tengo per fermo che la non sia di Euclide perché tal diffinitione non ha in se alcuna ragione de diffinitione, perché né secondo il modo che parla tal diffinitione, né secondo che dice lo espositore di quella potremo conoscere, over dimostrar tre quantità continue, esser continue proportionale, et molto mi

[5] *Ibidem*: "Patet ergo similitudinem illam additionis aut diminutionis non intelligi quantum ad quantitatem excessus: sed quantum ad proportionem. Erit itaque sensus difinitionis premisse. Continua proportionalia sunt quarum omnia multiplicia equalia sunt continue proportionalia. Sed noluit ipsam diffinitionem proponere sub hac forma: quia tunc diffiniret idem per idem."

[6] Cfr. (Finé 1536). Noi citiamo dalla terza edizione, Parigi 1551, c. 70v: "Ait Euclides, magnitudines in eadem esse rationem, prima quidem ad secundam, et tertia ad quartam, quando primae et tertiae, hoc est antecedentium magnitudinum sumptis aeque multiplicibus, et consequentium itidem magnitudinum, secundae videlicet et quartae, aeque multiplicibus (etiam in alia quavis ab antecedentium multiplicatione) assumptis, multiplex primae ad multiplicem secundae eam servat rationem, quam multiplex tertiae ad multiplicem quartae."

[7] Si veda, a proposito del Finé, *De Erratis Orontii Finaei Regii Mathematicarum Lutetiae Professoris [...] Petri Nonii Salaciensis Liber unus*, in (Nunes 1940-1960, vol. III, 94-99).

> meraviglio del commentatore che vol diffinire tre quantità continue proportionale per tre quantità continue proporzionale.[8]

Analogamente il Clavio:

> Campano invero, e Oronzio [Finé] interpretano questa definizione molto diversamente. Dicono infatti che Euclide voglia che allora quattro grandezze abbiano la stessa proporzione, quando gli equimultipli della prima e della terza, degli equimultipli della seconda e della quarta, uno ad uno, o sono insieme proporzionalmente minori, cioè nella stessa proporzione, o sono uguali, o sono proporzionalmente maggiori, se si prendono le grandezze corrispondenti. Più chiaramente, come dice Campano, quando i loro molteplici sono proporzionali, cioè quando il molteplice della prima al molteplice della seconda ha la stessa proporzione che il molteplice della terza ha al molteplice della quarta. Ma chi non vede che, se si interpreta così la definizione, Euclide definirebbe una cosa per mezzo di sé stessa?[9]

Più succintamente Commandino:

> Bisogna intender l'eccesso, et il diffetto semplicemente, non secondo la proportione, come volle il Campano, altramente il medesimo se dechiararia per il medesimo, che è inconveniente.[10]

6.4 Due percorsi di lettura

La prima parte del XVI secolo si consuma nella ricerca di un senso geometrico della teoria delle proporzioni; un'operazione complessa e di lunga lena, che

[8] *Euclide Megarense Philosopho diligentemente reassettato per Nicolò Tartaglia* (Tartaglia 1569, c. 84v). Della versione di Tartaglia, pubblicata a Venezia nel 1543, si ebbero numerose ristampe, praticamente identiche, per tutto il Cinquecento. Noi citeremo da quella di G. Bariletto, Venezia, 1569.

[9] *Euclidis Elementorum Libri XV* (Clavio 1574, cc. 155v-156r): "Campanus vero atque Orontius longe aliter definitionem hanc exponunt. Dicunt enim Euclidem velle, tum demun quatuor magnitudines eandem habere proportionem, cum primae et tertiae aequemultiplicia, a secundae et quartae aequemultiplicibus, utrumque ab utroque, vel una deficiunt proportionaliter, hoc est, in eadem proportione, vel una aequales sunt, vel una excedunt proportionaliter, si ea sumantur, quae inter se respondent. Clarius, ut ait Campanus, quando earum multiplicia proportionalia sunt, id est, cum eandem proportionem habet multiplex primae ad multiplex secundae, quam multiplex tertiae ad multiplex quartae. Sed quis non videt, si ita intelligetur definitio, Euclidem idem per idem definire?"

[10] Cfr. (Commandino 1575). La scelta della versione italiana ci dispenserà dal dare una traduzione in nota.

si potrà considerare conclusa solo nell'ultimo quarto del secolo, anche grazie all'apparire di due nuove traduzioni, che resteranno un modello per circa due secoli, dovute a Federico Commandino[11] e a Cristoforo Clavio.[12] La prima, condotta direttamente su un codice greco, verrà anche tradotta in italiano nel 1575.[13]

In ambedue le edizioni è sparita ovviamente la definizione spuria sopra riportata; non però del tutto l'ambiguità interpretativa, che prende le mosse stavolta da un'altra definizione, anch'essa espunta come interpolata da I. L. Heiberg nella sua edizione degli *Elementi*,[14] e dopo di lui da tutta la critica moderna, ma nondimeno presente in tutte le edizioni antiche del testo euclideo.
La posizione di questa definizione varia nelle diverse edizioni degli *Elementi*: in particolare essa si trova all'ottavo posto nella versione di Commandino, al quarto in quella di Clavio.[15] Anche il testo è diverso: mentre Clavio, seguendo una tradizione consolidata, scrive "La proporzione è una similitudine di rapporti,"[16] Commandino preferisce invece lasciare inalterato il termine greco, ed ha "L'Analogia è una similitudine di rapporti."[17]

La presenza di una tale definizione, e la sua differente collocazione nel testo euclideo, stante anche il carattere sostanzialmente astratto (non legato cioè a rappresentazioni o immagini geometriche) del quinto libro, sarà all'origine di due interpretazioni, quasi due teorie delle proporzioni distinte e antagoniste. La versione di Commandino conduce a un percorso di lettura "moderno," nel quale il ruolo chiave è giocato dalla definizione di rapporti uguali, e che si snoda lungo le fasi seguenti:

1. Introduzione del concetto di rapporto (*ratio* o *proportio*, in italiano solitamente tradotto con *rapporto* o *proporzione*, ma anche con *ragione*) tramite

[11] Cfr. (Commandino 1572). Una seconda edizione venne pubblicata, sempre a Pesaro, nel 1619. La traduzione di Commandino fu poi alla base di numerose edizioni, tra cui quella oxoniense curata da David Gregory (1703).
[12] La traduzione del Clavio, pubblicata originariamente nel 1574, fu poi considerevolmente ampliata e conobbe varie edizioni, tra cui citiamo quelle di Roma del 1589 e del 1603, quelle di Colonia, 1591 e 1607 e di Francoforte, 1607 e 1612. Essa fu poi ristampata in (Clavio 1611-1612).
[13] Una seconda edizione venne pubblicata a Pesaro nel 1619. Questa traduzione venne poi utilizzata da Viviani per il suo *Elementi piani e solidi d'Euclide* (Viviani 1690), più volte ristampato.
[14] Cfr. (Euclide 1884, vol. II). A questa si ispirano tutte le edizioni e le traduzioni moderne, ivi compresa la più recente edizione del testo greco (Euclide 1970).
[15] La stessa situazione si riscontra nei codici greci che ci sono pervenuti. Di conseguenza, la numerazione delle definizioni subisce un aumento di uno a partire dalla quarta nel primo caso, dall'ottava nel secondo. Ciò provoca una certa ambiguità nella designazione delle differenti definizioni da parte di vari autori, della quale si dovrà tener conto nell'individuare a quale definizione ci si riferisce.
[16] Più spesso, quando la definizione è al quarto posto, prende la forma leggermente diversa "La proporzionalità è uguaglianza di rapporti."
[17] Qui e nel seguito abbiamo uniformato le traduzioni da Clavio e da Commandino, in modo da eliminare ogni elemento estraneo. I testi originali sono comunque riportati in nota.

la definizione 3 e la 4, che in un certo senso precisa cosa debba intendersi per “grandezze del medesimo genere.”
2. Definizione di rapporti uguali, per mezzo degli equimultipli (Commandino 5).

Al contrario, la lezione di Clavio, nella quale la definizione spuria (Clavio 4) occupa un posto cruciale, al confine tra le nozioni di *ratio* e di *proportio*, suggerisce un’interpretazione del testo di Euclide secondo lo schema seguente:

1. Introduzione del concetto di rapporto (definizione 3).
2. Definizione di proporzione (*proportio* o *proportionalitas*, in italiano reso con *proporzionalità*) come uguaglianza (similitudine) di rapporti (Clavio 4).
3. Chiarificazione della Definizione 3 mediante la precisazione della nozione di grandezze del medesimo genere (Clavio 5).
4. Precisazione della nozione di similitudine (uguaglianza) di rapporti per mezzo degli egualmente molteplici (Clavio 6).

Questo secondo punto di vista, basato sulle definizioni ’non operative’ di rapporto e di proporzione, farà sentire la sua forza non appena altre esigenze, stavolta esterne alla matematica in senso stretto, domanderanno una revisione della teoria euclidea.

6.5 I commenti di Guidobaldo del Monte

Tra gli studiosi che nel sedicesimo secolo si sono confrontati con il testo euclideo, un posto non secondario è occupato da Guidobaldo del Monte, non tanto, e non solo, per l’interesse intrinseco dei suoi commenti al quinto libro e alla definizione euclidea di proporzione composta, quanto piuttosto per la sua posizione di osservatore privilegiato, vicino da una parte al lavoro filologico di Federico Commandino di cui fu allievo nelle scienze matematiche, e dall’altra alle ricerche fisiche e geometriche del giovane Galileo, di cui fu corrispondente e in una certa misura protettore.

Sulla teoria delle proporzioni Guidobaldo del Monte ci ha lasciato due manoscritti, intitolati rispettivamente *In quintum Euclidis Elementorum librum Commentarius* e *G*[uidi] *U*[baldi] *de proportione composita. Opusculum*.[18] Nessuno di questi due opuscoli contiene innovazioni di rilievo rispetto al testo degli *Elementi*. Al contrario, lo scopo dichiarato di Guidobaldo, lungi dal riformare in

[18] Biblioteca Oliveriana di Pesaro, mss. 630 e 631, editi in (Giusti 1993, 179–275). Le introduzioni di ambedue i manoscritti erano state pubblicate da Arrighi (1965). Si vedano inoltre (Mamiani 1828; Libri 1838-1841; Rose 1975; Napolitani 1984). Su Guidobaldo del Monte, e in generale sulla scuola matematica urbinate, si consulti (Gamba and Montebelli 1988).

qualche modo il procedere del geometra alessandrino, è quello di seguire alla lettera la teoria euclidea, limitando il proprio intervento alla chiarificazione e alla discussione dei suoi punti più oscuri, o comunque più difficili:

> nei quali non si cambierà né si altererà una sola parola di Euclide, in modo da trattare particolarmente quelle che hanno bisogno di spiegazione, come si conviene a un fedele interprete.[19]

Una spiegazione comunque, anch'essa aderente allo spirito e alla lettera degli *Elementi*, e priva di qualsiasi intervento che si sovrapponga al dettato euclideo:

> Né è nostra intenzione far parlare Euclide secondo la nostra propria interpretazione. Vogliamo infatti che Euclide rimanga Euclide.[20]

Questa operazione che pretende di intervenire sul testo senza alterarlo, ma limitandosi a gettare luce sui punti più oscuri senza peraltro aggiungere nulla che non sia già presente, poteva fondarsi solo su una versione anch'essa oggettiva e fedele: quella di Commandino.

> Benché infatti circolino molti commenti e molte versioni di questo quinto libro, noi tuttavia seguiremo solo la versione latina di Federico Commandino, in quanto fedele interprete del testo greco, e che in particolare niente ha aggiunto, o tolto, o mutato alle parole di Euclide, e ne ha totalmente conservato l'ordine sia nelle definizioni che nelle proposizioni.[21]

L'adesione al testo di Commandino implica naturalmente l'interpretazione delle definizioni del quinto libro secondo il percorso commandiniano, in particolare per quanto riguarda il significato del termine *Analogia* che, come abbiamo detto, Commandino aveva lasciato senza tradurlo sia nella versione latina che in quella italiana. Gli *Elementi* di Commandino non recano alcun commento in proposito, e si limitano a riportare la definizione senza neanche tentare di chiarire cosa debba intendersi con tale termine; un silenzio comprensibile dato che un qualsiasi tentativo in questo senso sarebbe stato equivalente a una traduzione.

---

[19] *Commentarius*, cit., c. 1v: "in quibus ne verbum quidem Euclidis immutabitur alterabiturve, ita ut quae declaratione indigebunt seorsum a nobis tractabuntur, ut fideli explicatori convenit."

[20] *Ibidem*: "Neque enim secundum nostram sententiam Euclidem fateri intentio nostra est. Volumus enim ut Euclides Euclides remaneat."

[21] *Ibidem*, c. 2r: "Quoniam autem multi huius quinti libri Commentarij multaeque versiones passim circumferuntur, nos tamen Federici Commandini tantum latinum contextum sequemur tamquam grecorum verborum fidelis interpretis, cum precipue ipsius verbis Euclidis nihil addiderit, vel minuerit, vel immutaverit, ordinemque omnino tam in definitionibus, quam in propositionibus servaverit."

Al contrario, Guidobaldo dedica un lunghissimo commento alla Definizione Commandino 8, che collega alle definizioni 19 (ex aequali) e 20 (analogia perturbata) e dunque interpreta nel senso di una relazione che intercorre tra due serie di grandezze rispettivamente proporzionali:

> Essendo l'analogia similitudine di proporzioni, occorre dunque che vi siano più proporzioni simili per costituire un'analogia. Così ad esempio, supponiamo che la stessa proporzione che A ha a B, E l'abbia ad F; e poi che la stessa proporzione che B ha a C, F l'abbia a G; e quella stessa che C ha a D, G l'abbia ad H, e così via se ce ne sono di più. In tal modo ABCD ed EFGH saranno in analogia, poiché in EFGH vi sono le stesse proporzioni che in ABCD.[22]

In questo modo il termine analogia è interpretato in un senso più generale del termine proporzionalità usato da Clavio. Quest'ultima è limitata a quattro grandezze, la prima invece riguarda una doppia serie di grandezze in numero arbitrario e a due a due proporzionali: le grandezze ABCD[...] e le EFGH[...] saranno in analogia quando A:B = E:F, B:C = F:G, C:D = G:H, e così di seguito. La nozione di proporzionalità tra due coppie di grandezze si trova dunque ampliata a due serie arbitrarie; allo stesso tempo però essa perde di specificità, al punto che, in mancanza di un termine apposito, lo stesso concetto di proporzionalità tra quattro grandezze diventa difficile da esprimere.

Ma il commento di Guidobaldo non si limita a chiarificare questo punto delicato della teoria delle proporzioni, o meglio della lettura derivante dalla traduzione di Commandino, né ad illustrare come la maggior parte dei commentatori i passi più difficili, quali ad esempio la definizione di grandezze proporzionali e non proporzionali; in altre parole, Guidobaldo non si propone, o quanto meno non solamente, di fornire un'interpretazione della teoria delle proporzioni allo stesso tempo plausibile dal punto di vista matematico e corretta da quello filologico. Di più, egli vuole giustificare le singole frasi, quasi le singole parole, del testo euclideo, che come si è visto identifica totalmente con la versione di Commandino. Così ad esempio, sempre sulla scorta della sua interpretazione dell'analogia, viene impugnata la versione che, diversamente da Commandino e da Clavio, parlava di uguaglianza invece che di similitudine di rapporti:

> Qui vale la pena di osservare, come Euclide non abbia detto l'analogia essere uguaglianza di proporzioni, ma similitudine di propor-

[22] *Commentarius*, c. 15r: "Cum analogia sit proportionum similitudo, quare oportet, ut sint plures proportiones similes ad costituendam analogiam. Ita nempe ut proportionem quam habet A ad B eandem habeat E ad F, deinde quam habet B ad C eandem habeat F ad G et quam habet C ad D, eandem habeat G ad H et ita deinceps si plures fuerint. Eruntque hoc modo ABCD et EFGH in analogia, quia in EFGH similes erunt proportiones, ut in ABCD."

> zioni, escludendo in tal modo che nell'analogia tutte le proporzioni debbano essere uguali, come avviene nelle grandezze proporzionali, che essendo nella stessa proporzione, contengono proporzioni sempre uguali tra loro. E così definì l'analogia tramite la similitudine di proporzioni, in modo che nell'analogia possano coesistere l'uguaglianza e la disuguaglianza delle proporzioni. L'uguaglianza, in quanto devono corrispondere in proporzione a due a due, in modo che la proporzione tra A e B corrisponda a quella tra E ed F, come pure quelle tra BC, FG e tra CD, GH. La disuguaglianza, in quanto può accadere che la proporzione tra A e B, e tra E ed F non sia la stessa di quella tra B e C e tra F e G, e così le altre. In questo senso Euclide prende la similitudine delle proporzioni. Peraltro, essendo l'analogia similitudine di proporzioni, niente vieta che tutte le proporzioni possano essere uguali tra loro, come avviene nelle grandezze in proporzione continua; infatti la similitudine non esclude l'uguaglianza.[23]

Lo stesso criterio di aderenza totale al testo domina il secondo opuscolo di Guidobaldo del Monte. L'origine del problema è la definizione VI.5 di proporzione composta, che nell'edizione di Commandino dice:

> Una proporzione si dice composta da proporzioni, quando le quantità delle proporzioni, moltiplicate tra loro, avranno prodotto qualche proporzione.[24]

La definizione mal si accorda con la teoria precedentemente svolta nel quinto libro, ed è in tutta probabilità, secondo l'opinione di Heiberg,[25] frutto di un'interpolazione antica, certamente anteriore al quarto secolo. Essa non appare nella versione dall'arabo di Campano, mentre è presente in quella di Zamberti.

---

[23] *Ibidem*: "Hic vero observandum occurrit, propterea Euclides non dixisse, Analogiam esse proportionum aequalitatem, sed proportionum similitudinem, ut ab analogia omnes proportiones aequales esse debere excluderet, ut magnitudinibus proportionalibus contingit, quae cum in eadem sint proportione, aequales quoque semper continent proportiones inter se. Itaque analogiam definivit per proportionum similitudinem, ut aequalitas, et inaequalitas proportionum in analogia existere possint. Aequalitas quia binae binis in proportione respondere debent, ut proportio, quae est inter AB ipsi proportioni, quae est inter EF respondeat, veluti quae sunt inter BC, FG et inter CD, GH. Inaequalitas, quia contingere potest, ut proportio ipsorum AB, EF non sit eadem cum proportione ipsorum BC, FG, et huiusmodi aliae. In hoc enim sensu Euclides proportionum similitudines accipit. At vero cum analogia sit proportionum similitudo, nil prohibet, quin omnes quoque proportiones possint esse inter se aequales, ut in magnitudinibus continue proportionalibus; similitudo enim aequalitatem non excludit."

[24] *Euclidis Elementorum Libri XV*, cit., c. 71v: "Proportio ex proportionibus componi dicitur, quando proportionum quantitates inter se multiplicatae, aliquam efficiunt proportionem."

[25] Cfr. (Euclide 1884) .

L'interpretazione classica, risalente ad Eutocio, è che la quantità di una proporzione si debba interpretare in termini di denominatore. Questa opinione è largamente accettata nel Cinquecento; ad essa aderisce tra gli altri Cristoforo Clavio, che nei suoi commenti al quinto libro definisce il denominatore di un rapporto:

> Il denominatore di una qualsivoglia proporzione è quel numero, che esprime distintamente e con evidenza la relazione di una quantità all'altra.[26]

E discute a lungo la classificazione delle proporzioni commensurabili e i loro denominatori, per poi servirsene per interpretare la proporzione composta:

> Poiché il denominatore di una qualsiasi proporzione esprime quanta sia la grandezza antecedente rispetto alla conseguente, [...] per questo si suol chiamare dai Geometri quantità della proporzione; cosicché la quantità di una certa proporzione, e il denominatore, sono sinonimi. Questa definizione dice dunque che una proporzione si compone di due o più proporzioni, quando i loro denominatori, o quantità, moltiplicate tra loro, produrranno quella proporzione, ovvero (come traduce Zamberti) produrranno la quantità, o il denominatore, di quella proporzione.[27]

Diversamente da Clavio, il commento di Commandino è molto stringato, limitandosi a rimandare ai commenti di Eutocio. I motivi di questa freddezza di Commandino nei riguardi dell'interpretazione tradizionale divengono evidenti nell'opuscolo di Guidobaldo. In primo luogo infatti la posizione della definizione nel sesto libro degli *Elementi*, prima cioè dei libri aritmetici, è segno inequivocabile della generalità della stessa, che deve quindi servire sia nel caso di rapporti tra numeri che in quello tra grandezze, dunque anche se i rapporti sono incommensurabili.

Al contrario, coloro che si rifanno al concetto di denominatore devono necessariamente restringere ai soli numeri la portata della definizione:

> Tuttavia quasi tutti la interpretano in numeri, e anche se tirano in mezzo le grandezze, le considerano come numeri, e ricavano la pro-

[26]Cfr. *Euclidis Elementorum libri XV*, cit., c. 151r: "Denominator cuiuslibet proportionis, dicitur numerus, qui exprimit distincte, et aperte habitudinem unius quantitatis ad alteram."

[27]*Ibidem*, c. 186v–187r: "Quoniam denominator cuiuslibet proportionis exprimit, quanta sit magnitudo antecedens ad consequentem, [...] dici solet propterea denominator a Geometris, quantitas proportionis; ut idem significet quantitas alicuius proportionis, quod denominator. Vult igitur hac definitio, proportionem aliquam ex duabus, vel pluribus proportionibus componi, quando harum denominatores, seu quantitates inter se multiplicatae effecerint illam proportionem, seu (ut vertit Zambertus) effecerint illius proportionis quantitatem, sive denominatorem."

> porzione delle estreme (come abbiamo detto in numeri) per mezzo di una moltiplicazione delle proporzioni.[28]

Né è più accettabile l'altra interpretazione, che vuole che la proporzione delle estreme sia composta da tutte le proporzioni intermedie, in particolare che il rapporto K:M sia composto dai rapporti K:L e L:M. Pur non negando che questa interpretazione corrisponda all'uso che viene fatto della definizione, Guidobaldo la rigetta a causa della sua mancata aderenza al testo. Infatti:

> Benché ciò sia vero, non pertanto questa proporzione di tre termini è quella che domanda Euclide nella definizione. Poiché la proporzione di K ad M non si genera nel modo che la definizione prescrive. Infatti per trovare la proporzione di K ad M non si fa alcuna moltiplicazione, né dei termini, né delle proporzioni, dato che non [...] si moltiplica la proporzione di K ad L con quella di L ad M.[29]

Sulla base di una totale fedeltà al testo Guidobaldo esclude dunque sia la lettura in termini di denominatori, dato che essa non si addice ai rapporti incommensurabili, sia quella che vuole il rapporto degli estremi essere composto di quelli intermedi, dato che qui non interviene nessuna moltiplicazione, come è invece esplicitamente prescritto dalla definizione.

Resta naturalmente da dire cosa si debba intendere per quantità delle proporzioni, e come queste quantità si possano moltiplicare tra loro. Per questo, rifacendosi a un'interpretazione già presente in Regiomontano,[30] e identificando i termini quantitas e magnitudo, Guidobaldo sostiene che quelli che si devono moltiplicare sono i termini delle proporzioni:

---

[28] *Ibidem*: "Tamen fere omnes eam numeris interpretant, et quamvis magnitudines in medio afferant, eas tamen ac si essent numeri accipiunt, et per multiplicationem proportionum (ut in numeris diximus) extremarum proportionem ostendunt."

[29] *Ibidem*, c. 6r: "Quamvis hoc verum sit, non propterea haec proportio trium terminorum est ea quam in definitione quaerit Euclides. Quia proportio K ad M non oritur eo modo ut definitio iubet. Etenim, ut inveniatur proportio K ad M nulla prorsus fit multiplicatio, neque terminorum, neque proportionum, cum non multiplicetur proportio K ad L cum proportione L ad M."

[30] Cfr. (Regiomontano 1550, c. Ciiv): "Quando autem una [proportio] fuerit alteri addenda: ducimus terminum primum unius in terminum primum alterius: productusque statuitur terminum primum compositae. Item terminum secundum unius in terminum secundum alterius: et productum statuimus terminum secundum compositae ex eis." (Quando si devono sommare due proporzioni, si moltiplichi il primo termine dell'una per il primo termine dell'altra, e il prodotto sarà il primo termine della composta. Parimenti il secondo termine della prima per il secondo termine della seconda: il prodotto sarà il secondo termine della proporzione composta). Si ricordi comunque che per Regiomontano l'affermazione precedente non è una definizione, ma un teorema, e che comunque egli si muove in un universo quasi esclusivamente numerico, e che ad esempio nel suo *De Triangulis planis et sphaericis libri quinque* si trovano enunciati del tipo: "Omnem proportionem datam in numeris reperiri" (Ogni proporzione assegnata si trova in numeri).

> Dice infatti Euclide che si devono moltiplicare tra loro le quantità delle proporzioni: il che si deve interpretare nel senso che si moltiplicano i termini che costituiscono le proporzioni, i quali sono propriamente le quantità delle proporzioni. Non ha detto infatti che si dovessero moltiplicare le proporzioni, ma le quantità delle proporzioni, cioè le quantità che costituiscono le proporzioni.[31]

Le modalità di questa moltiplicazione sono ovvie nei numeri, e Guidobaldo si dilunga a dimostrare che si debbono moltiplicare gli antecedenti con gli antecedenti e i conseguenti con i conseguenti, e non altrimenti. Nelle grandezze invece "moltiplicare le quantità è ciò che si produce dalle stesse grandezze."[32]

Ma perché questo prodotto sia possibile si deve abbandonare la nozione generica di grandezza, e limitarsi alle grandezze geometriche, e in primo luogo ai segmenti, i cui prodotti sono i rettangoli:

> Sia il rettangolo E il prodotto di A e B, i quali A e B siano i lati di E [...] Similmente, sia F il prodotto di C e D [...] La proporzione tra E ed F si potrà dire composta delle proporzioni che hanno A a C e B a D. Che poi questa composizione di E si faccia tramite moltiplicazione delle quantità A e B, è chiaro dalla prima definizione del secondo libro degli *Elementi*. Infatti il rettangolo E è detto essere contenuto dalle rette A, B, perché dal prodotto dell'una per l'altra si forma la quantità, e l'area, cioè la superficie del rettangolo E.[33]

Il tentativo dunque di suggerire un'interpretazione della proporzione composta che salvi la lettera della definizione euclidea termina con una necessaria forzatura di altri passi degli *Elementi*; in questo caso la prima definizione del secondo libro,[34] interpretata, in conformità al commento di Commandino, in termini

---

[31] *De Proportione Composita*, cit., c. 7r: "Inquit enim Euclides: ut proportionum quantitates inter se multiplicentur; quod intelligendum est, ut multiplicentur termini, quibus constituuntur proportiones, qui sunt proprie quantitates proportionum. Non enim inquit, ut multiplicentur proportiones, sed quantitates proportionum. Hoc est quantitates, quae proportiones constituunt."

[32] *Ibidem*, c. 2r: "Multiplicare quantitates est id, quod fit ex ipsis magnitudinibus."

[33] *Ibidem*: "Ut sit rectangulum E id quod fit ex A, B, quae quidem A, B sint latera ipsius E [...] Deinde sit similiter F id quod fit ex C, D, quippe quae sint latera ipsius F, [...] proportio quam habet E ad F dici potest composita ex proportionibus, quas habent A ad C, et B ad D. Quod autem haec compositio ipsius E sit per multiplicationem quantitatum A, B, ex prima definitione secundi libri Elementorum patet. Nam rectangulum E dicitur contineri rectis lineis A, B, quia tamquam ex ductu alterius in alteram consurgit quantitas, et area, hoc est superficies rectanguli E."

[34] "Omne parallelogrammum rectangulum contineri dicitur duabus rectis lineis, quae rectum angulum constutuunt" (Ogni parallelogrammo rettangolo si dice essere contenuto dalle due rette che costituiscono l'angolo retto).

di area, ma soprattutto la proposizione VI. 23[35] che diventa equivalente ad affermare che i parallelogrammi equiangoli hanno la stessa proporzione dei rettangoli con gli stessi lati. Totalmente diversa è invece l'interpretazione di Galileo, che posto di fronte alla stessa oscura definizione fa dire a Salviati:

> Osservo poi che né il medesimo Euclide, né alcun altro autore antico, si serve della stessa difinizione nel modo nel quale ell'è stata posta nel libro; onde ne seguono due inconvenienti, cioè al lettore difficultà d'intelligenza, e allo scrittore nota di superfluità.[36]

Il significato delle definizioni non risiede nella loro lettera ma nel modo in cui esse intervengono nelle dimostrazioni. Di conseguenza non resta che assumere quanto Guidobaldo aveva respinto:

> S'immagini V.S. le due grandezze A, B dello stesso genere; avrà la grandezza A alla B una tal proporzione; e dopo concepisca esser posta fra di loro un'altra grandezza C, pur dello stesso genere: si dice che quella tal proporzione che ha la grandezza A alla B viene ad essere composta delle due proporzioni intermedie, cioè di quella che ha la A alla C e di quella che ha la C alla B. Questo è per l'appunto il senso secondo'l quale Euclide si serve della predetta definizione.[37]

Ma oltre a queste difficoltà, ben più importante è la riduzione, necessaria nella formulazione di Guidobaldo, di tutte le grandezze a grandezze geometriche, o addirittura a segmenti. Infatti è solo quando le grandezze in gioco siano dei segmenti che il meccanismo di composizione escogitato da Guidobaldo conduce a un risultato accettabile matematicamente, anche se difficilmente condividibile dal punto di vista, che è poi quello dichiarato dell'autore, della ricostruzione del pensiero euclideo. È ben vero che lo schema funziona ancora quando uno dei rapporti da comporre è dato come rapporto tra due superfici e l'altro tra due linee, nel qual caso la proporzione composta è tra figure solide, e Guidobaldo se ne serve per dimostrare che parallelepipedi rettangoli hanno rapporto composto delle basi e delle altezze; ma questo è il limite ultimo di validità del metodo: quando nel problema entrano in gioco delle grandezze non geometriche, e questo avverrà sempre più di frequente con l'applicazione della geometria alla filosofia naturale, l'interpretazione suggerita dall'urbinate diverrà un ingombro e una remora allo sviluppo delle idee.

---

[35]"Aequiangula parallelogramma inter se proportionem habent ex lateribus compositam" (I parallelogrammi equiangoli hanno tra loro la proporzione composta dei lati).

[36]Cfr. (Galilei 1968, vol. VIII, 359).

[37]*Ibidem*, 360.

Il fatto è che Guidobaldo, pur partecipe delle novità galileiane, lo è soprattutto in veste di spettatore o di "curioso," interessato più ai principi e agli esiti della nuova filosofia, che non alla sua elaborazione. Il ruolo che si è scelto è quello di commentatore e continuatore dei classici, lungo la strada aperta da Commandino; una matematica classica che egli vede essenzialmente come un corpo di dottrine da sistemare sulla base della loro coerenza interna e della fedeltà alla lettera dei testi ora finalmente restituiti.

Riferimenti

Arrighi, G. (1965). Un grande scienziato italiano: Guidobaldo dal Monte. *Atti dell'Acc. Lucchese di Scienze, Lettere ed Arti* XII:183–199.

Clagett, M. (1953). The Medieval Latin Translations from the Arabic of the Elements of Euclid, with Special Emphasis on the Versions of Adelard of Bath. *Isis* 44:16–42.

Clavio, C. (1574). *Euclidis Elementorum Libri XV*. Roma: apud V. Accoltum.

— (1611-1612). *Christophori Clavii Opera Mathematica*. Mainz: sumptibus Antonij Hierat, excudebat Reinhard Eltz.

Commandino, F. (1572). *Euclidis elementorum libri XV*. Pesaro: C. Francischinum.

— (1575). *De gli elementi di Euclide libri quindici*. Urbino: D. Frisolino.

Euclide (1884). *Euclidis Elementa. Edidit et latine interpretatus est I. L. Heiberg*. Leipzig: Teubner.

— (1970). *Euclidis Elementa. Post I. L. Heiberg edidit E. S. Stamatis*. Leipzig: Teubner.

Finé, O. (1536). *Orontii Finaei [...] in sex priores libros Geometricorum Elementorum Euclidis Megarensis demonstrationes*. Paris: S. Colinaeum.

Galilei, G. (1968). *G. Galilei, Le opere*. Ed. by A. Favaro. Florence: Barbera.

Gamba, E. and V. Montebelli (1988). *Le scienze a Urbino nel tardo Rinascimento*. Urbino: QuattroVenti.

Giusti, E. (1993). *Euclides reformatus*. Torino: Bollati Boringhieri.

Libri, G. (1838-1841). *Histoire des sciences mathématiques en Italie depuis la renaissance des lettres jusqu'à la fin du dix-septième siècle*. Paris: Renouard.

Mamiani, G. (1828). *Elogi storici di Federico Commandino, Guidobaldo del Monte, Giulio Carlo Fagnani*. Pesaro: Tipografia Nobili.

Napolitani, P. D. (1984). Sull'opuscolo *De proportione composita* di Guidobaldo dal Monte. In: *Atti del convegno La storia delle matematiche in Italia (Cagliari 1982)*. Ed. by O. Montaldo and L. Grugnetti. Bologna: Monograf, 431–439.

Nunes, P. (1940-1960). *Obras. Nova edição, revista e anotada por uma Comissão de Sócios da Academia das Ciências*. Lisboa: Imprensa Nacional.

Pacioli, L. (1509). *Euclidis Megarensis opera a Campano interprete traslata*. Venezia: Paganino de Paganini.

Regiomontano (1550). *In Ptolomaei Magnam Constructionem Libri Tredecim conscripti a Ioanne Regiomomtano*. Nürnberg: apud I. Montanum et U. Neuberum.

Riccardi, P. (1887-1890). *Saggio di una Bibliografia Euclidea*. Bologna: Gamberini e Parmeggiani.

Rose, P. L. (1975). *The Italian Renaissance of Mathematics*. Genève: Droz.

Tartaglia, N. (1569). *Euclide Megarense Philosopho diligentemente reassettato per Nicolò Tartaglia*. Venezia: G. Bariletto.

Viviani, V. (1690). *Elementi piani e solidi d'Euclide*. Firenze: C. e F. Bindi.

Chapter 7
Guidobaldo: The Father of the Mathematical Theory of Perspective

Kirsti Andersen

7.1 Introduction

When Guidobaldo Marchese del Monte is mentioned in the history of science it is most often for his contributions to mechanics. Thus, in the first edition of the *Dictionary of Scientific Biography* Paul Lawrence Rose devoted very few words to Guidobaldo's contributions to mathematics in general and to perspective in particular. Actually on the latter subject Rose stated simply that Guidobaldo had made "the best Renaissance study of perspective (1600)," leaving his readers in limbo about the contents (Rose 1974, 488). The *New Dictionary of Scientific Biography* contains a description of Guidobaldo's enrichment of perspective—put forward in his book *Perspectivae libri sex* (1600) (Andersen and Gamba 2008, 176–178). In the present chapter I elaborate on this description by discussing Guidobaldo's work on perspective in the context of mathematical approaches to perspective that are likely to have inspired him, especially focusing upon the use of convergence points for images of parallel lines before Guidobaldo's time. This is a natural subject to consider in connection with Guidobaldo's work because his major contribution was to provide an understanding of the geometry behind perspective, and within this setting the role of convergence points, later called vanishing points, became important.

My plan is to show that Guidobaldo deserves the title of "The father of the mathematical theory of perspective," as I have given him in this paper. I shall also make it clear that his insights did not come to him so easily and that he did not seem to have completely realized what a powerful instrument he had added to the toolbox for dealing with the theory of perspective.

7.2 Guidobaldo's Possible Sources of Inspiration

In surveying the literature on perspective with a geometrical approach that appeared before Guidobaldo's *Perspectivae libri sex* I only consider Italian works, because although authors North of the Alps published on perspective, none of them showed an interest in providing their readers with a mathematical understanding of the subject. The starting point is a work that does not have a particular mathematical approach, but is important because, directly or indirectly it is the source of inspiration for all other Italian literature on perspective. The work in question is Leon Battista Alberti's manuscript *De pictura* written in 1435. This work contains the first known definition of what we would call a perspective projection (Figure 7.1); Alberti himself did not use the word perspective but it became common to apply this word later in the fifteenth century (Andersen 2007).

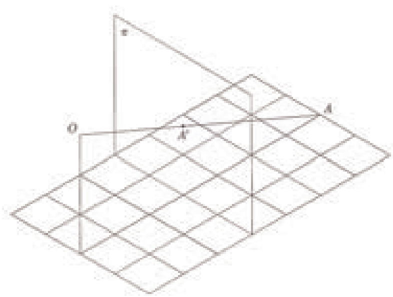


Figure 7.1: Alberti's way of introducing what soon after him was called perspective involved the optical concept of a visual pyramid and the concept of a section in a visual pyramid. In a simplified version it corresponds to saying that for a given point A, its image in a given picture plane π with respect to a given eye point O is the point A' where the line OA intersects π.

Alberti did not only describe a model for drawing in perspective; he also presented a correct construction of the perspective image of a grid of squares where one set of parallel lines is orthogonal to the picture plane—such lines I call *orthogonals* (Figure 7.2).

In his book he did not explain the geometry that led him to his construction claiming that he wanted to outline "as a painter speaking to painters [...] the first rudiments of the art of painting."[1]

[1] Alberti himself, however, seems to have wondered about this correctness, because he wrote that he had involved some geometrical explanations when presenting his construction to some of his friends (Alberti 1972, §23).

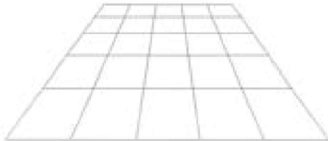


Figure 7.2: In *De pictura* Alberti describes how to make the perspective image of a grid of horizontal squares. This served as a kind of coordinate system that helped painters to decide where images of objects placed on a pavement with square tiles should be depicted in the picture plane.

There is no obvious way of reconstructing Alberti's geometrical arguments; however I am certain that they involved a rule which he took for granted and which is of interest for tracing Guidobaldo's sources (Andersen 2007, 23). This rule was that the images of *orthogonals* lines meet in one point (Figure 7.3).

Actually, Alberti also characterized the meeting point, namely as the orthogonal projection of the eye point upon the picture plane—which he called the *centric point* and which later was called the *principal vanishing point* (Figure 7.4).

The assumption that the images of *orthogonals* meet, if extended, in one point, I hereafter called the *convergence rule for orthogonals*—and I use the expression that the *orthogonals* converge at the point of intersection. This rule was actually applied without question by most pre-seventeenth-century authors on perspective and was one of the foundations of the majority of the various methods used for constructing the image of a horizontal square suggested by these authors.[2] Only the two Italian mathematicians, Federico Commandino and Giovanni Battista Benedetti avoided applying the convergence rule for orthogonals. The rule itself is an easy corollary from a theorem which Guidobaldo published in 1600 and to which I return in section 3.

Most of Alberti's successors writing on perspective followed his approach and avoided mathematical arguments, but a few authors were so engaged in mathematics that they attempted to provide their readers with a feeling of the geometrical aspects of perspective. Before Guidobaldo, these authors were all Italian,

[2] All authors before Simon Stevin (whose work on perspective appeared in 1605, see Stevin 1605a, 1605b and 1605c; Sinisgalli 1978, 167–344) introduced their construction methods as constructions of the perspective images of polygons—in most cases of squares—situated in a given horizontal reference plane. However, the constructions could also be used to construct the image of a given point in the reference plane.

the first being the painter and mathematician Piero della Francesca, whose book on perspective *De prospectiva pingendi*, was composed some time before 1482 (Piero 1942, 46).

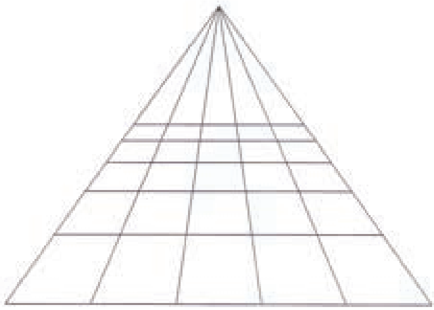


Figure 7.3: Illustration of Alberti's tacit rule: the images of orthogonals converge at one point in the picture plane.

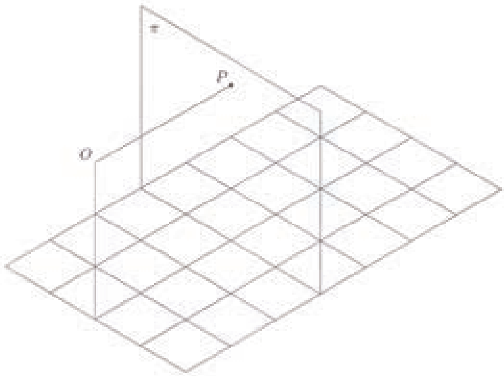


Figure 7.4: The orthogonal projection of the eye point O upon the picture plane, the point P, is Alberti's convergence point for *orthogonals*.

Besides taking the convergence rule for orthogonals for granted, Piero applied a rule stating that the images of a set of parallel horizontal lines forming an angle of 45° with the *orthogonals* have a convergence point (Figure 7.5).

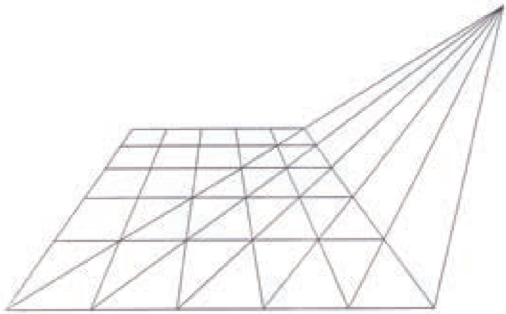


Figure 7.5: Illustration of the rule applied by Piero della Francesca: the images of diagonals are drawn so they converge in a point—later called a distance point. This point lies on the horizontal line which became know as the horizon and which is the horizontal line through the convergence point for *orthogonals*.

He also described the position of this—to which I return in connection with Vignola. Moreover, he attempted to prove this convergence rule but his proof was not convincing. That Piero could not come up with a satisfactory proof is not surprising, because he did not have the mathematical education necessary for doing so. The proof had to wait until Guidobaldo had created a mathematical foundation for perspective.

Piero's mathematical approach was followed by one architect and three mathematicians: the architect was Giacomo Barozzi da Vignola, whose work on perspective was edited by the mathematician Egnazio Danti, and the two other mathematicians were the already mentioned Commandino and Benedetti. These writers are all likely to have inspired Guidobaldo, but in different ways. Commandino's role was primarily to arouse Guidobaldo's interest in perspective, while Vignola's, Danti's and Benedetti's writings on perspective probably made Guidobaldo aware of other points of convergence in perspective compositions than the convergence point for the images of *orthogonals*.

Commandino's motivation to take up perspective was rather special since it was a spin-off of his main scientific occupation which was to translate and comment upon the classical Greek works on science and mathematics. Among the books Commandino edited was Ptolemy's *Planisphaerium*, whose theme was a certain central projection which later became known as the stereographic projection. Ptolemy applied this projection for mapping points on the celestial sphere upon the plane of the equator. While working with the projection, Commandino remarked that it is similar to a perspective projection and then devoted the first nineteen folios of his comments to perspective (Commandino 1558, fol. 2^r–19^r).

Although Commandino's presentation of the subject is very scholarly and includes exact proofs for all his mathematical statements, it does not resemble any other presentation of perspective and some parts of it are rather opaque, not to say downright awkward (Andersen 2007, 141–145). En passant, I would like to add that although Commandino stressed the conceptual relation between a stereographic and a perspective projection, there is no similarity between his treatments of the two projections. It may be that when he started working on perspective, he had hoped to gain more insight into stereographic projections, or vice versa that his knowledge on stereographic projection would have thrown more light on the mathematics behind perspective, but this did not happen. The fact that Commandino's treatment of perspective was far from intuitive may have contributed to some of the difficulties Guidobaldo had when he started working on perspective—as we shall see in section 3.

Danti's edition of Vignola's book on perspective appeared as *Le due regole della prospettiva pratica* (*The two methods in practical perspective*) in (Vignola 1583)—ten years after Vignola's death. For tracing ideas which may have inspired Guidobaldo, one of the two *regole* or methods referred to in this edition is of particular interest; the one that later was called a distance point construction. This method is based on the assumption, mentioned in connection with Piero della Francesca, that the images parallel horizontal lines forming an angle of 45° with the *orthogonals* converge at one point. To have a short name for the mentioned lines I call them *diagonals*—which was actually also done by Danti as we shall see shortly. There are two sets of *diagonals*, one verging to the right and one to the left—seen from the eye point. Vignola took for granted that the convergence points for the diagonals lie on the line known as the *horizon* which is the horizontal line through the principal vanishing point. Moreover, perhaps inspired by Piero, he assumed that the two convergence points were situated at a distance from the principal vanishing point that is equal to the distance between the latter point and the eye point. As this distance in general was called just *the distance*, the two convergence points came to be known as *distance points*. In Figure 7.5 is shown the right distance point.

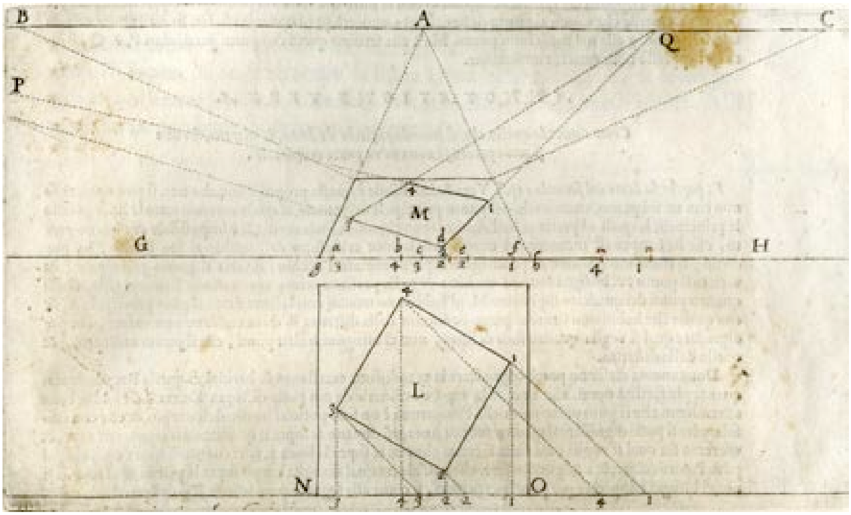


Figure 7.6: Vignola illustrating that other lines than orthogonals and diagonals can have convergence points (Vignola 1583, 115; with kind permission of the Biblioteca Oliveriana, Pesaro).

Vignola's application of the convergence rule for the *diagonals* seems to have inspired him to conclude that lines other than *orthogonals* and *diagonals* can have convergence points. Thus, in one of his examples (Figure 7.6) Vignola threw the square *L,* with no sides parallel to the horizon, into perspective and he let the images of both pairs of parallel sides converge on the horizon (although the sides *1,4* and *2,3* are not prolonged to the horizon, their point of intersection does lie on it). He included another interesting diagram (Figure 7.7) in which he drew diagonals in vertical squares so that they have convergence points (the points *C* and *E* in the figure). In his text Vignola did not mention the various points of convergence; in fact he wrote very few comments to his illustrations, apparently being of the opinion that it was easier to learn how to make perspective constructions by studying his drawings carefully than by reading a text.

His commentator, the mathematician Danti, started to wonder about converging points and included in a long introduction to Vignola's text the following interesting definitions involving the earlier-mentioned introduction of the term diagonal (definition VII).

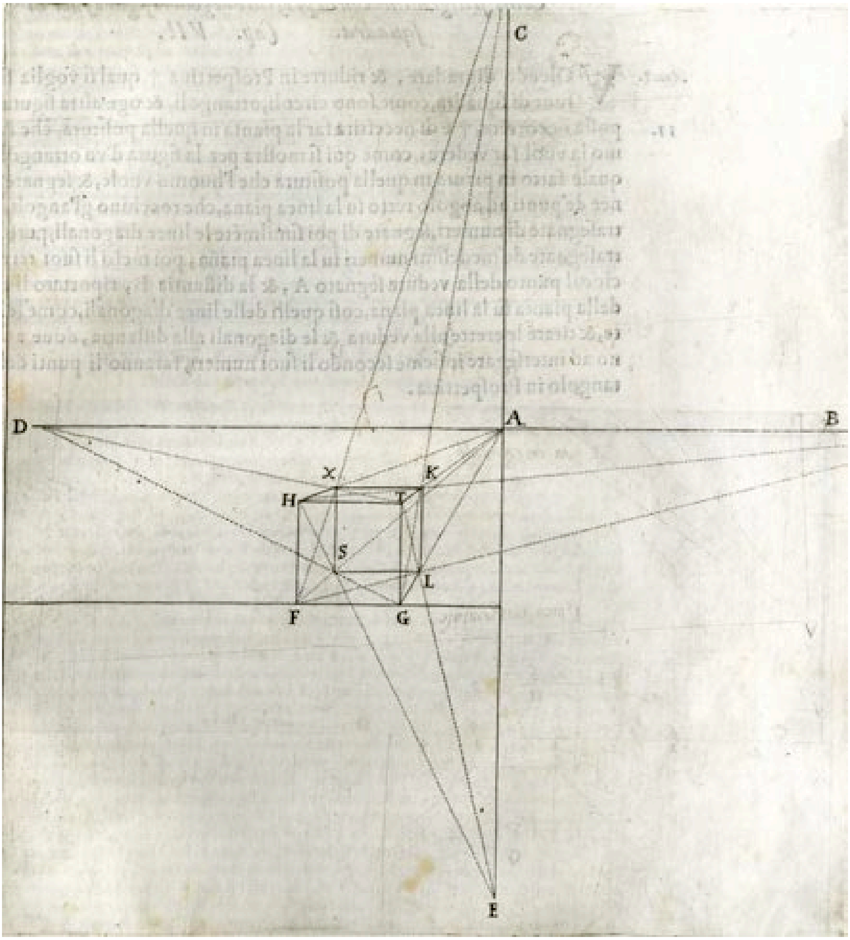


Figure 7.7: Vignola's illustration for his construction of a cube in perspective. It reveals how he applied the distance points *D* and *B* (though he did not include the latter point itself in his diagram) when he constructed the image of the cube's bottom square, and how he let the images of the diagonals in the two vertical squares that are not parallel to the picture plane converge in the points *E* and *C* (again, he did not include the latter point) (Vignola 1583, 107; with kind permission of the Biblioteca Oliveriana, Pesaro).

- Definition V
  Perspective parallel lines are those that will meet at the horizontal point [a point on the horizon].
- Definition VII
  A distance point is that at which all the diagonals arrive.
- Definition X
  Principal parallel lines are those which will all converge at the principal point of perspective [principal vanishing point].
- Definition XI
  Secondary parallel lines are those which will be united at the horizontal line at their particular points apart from the principal point.[3]

Thus, Danti assumed that not only the images of *diagonals* and *orthogonals* but the images of any set of parallel horizontal lines (apart from those parallel to the picture plane) converge at a point on the horizon. When formulating his definitions Danti apparently only thought of horizontal lines as converging. However, in his comments to Vignola's drawing reproduced in Figure 7.7, Danti acknowledged that the points C and E were converging points. With Danti's definition XI in mind, one gets rather surprised by his illustration reproduced in Figure 7.8.

In this he let one pair of the images of the parallel sides of the horizontal square P converge at the point G on the horizon whereas the two other sides do not converge at the direction of the horizon AG. He may, of course, have made a drawing error, but if so the diagram shows that it was not entirely clear to him that the images of parallel horizontal lines not parallel to the picture plane should meet on the horizon.

Benedetti described his thoughts about perspective in the treatise *De rationibus operationum perspectivae* (*On the reasons for the operations in perspective*) published in (Benedetti 1585). In this he proved the correctness of a couple of perspective constructions, one of which was later also presented by Guidobaldo. Moreover, he showed some understanding of general convergence points, but similarly to what Danti did in his diagram reproduced in Figure 7.8, Benedetti drew one pair of sides in the image of a horizontal rectangle having no sides parallel to the picture plane as lines converging on the horizon, whereas the second pair did not have a convergence point on the horizon (Andersen 2007, 149–151).

[3] Definitione quinta: Linee parallele prospettive sono quelle, ché si vanno a congiugnere nel punto orizontale. Definitione settima: Punto della distanza è quello, dove arrivano tutte le linee diagonali. Definitione decima: Linee parallele principali son[o] quelle, che vanno a concorrere tutte insieme nel punto principale della Prospettiva. Definitione XI: Linee parallele secondarie sono quelle, che vanno ad unirsi fuor del punto principale nella linea orizontale, alli loro punti particolari (Vignola 1583, 4–5).

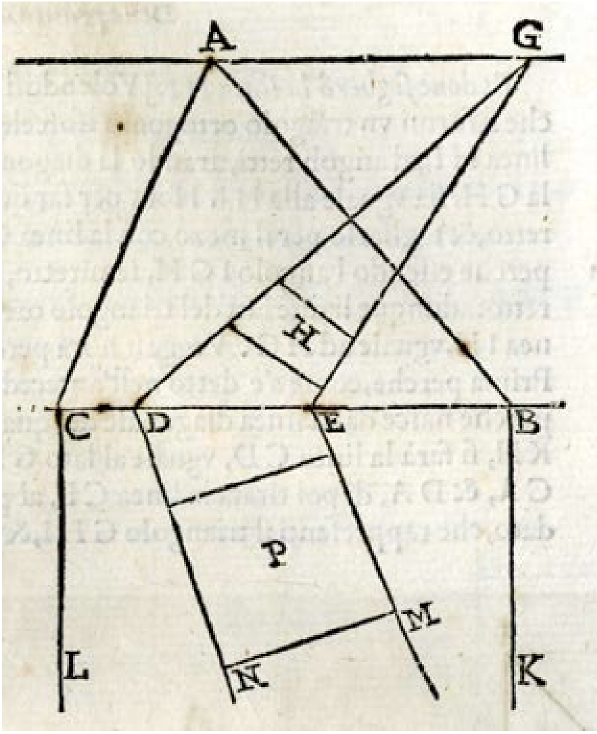


Figure 7.8: Danti's drawing of the perspective image *H* of the square *P* (Vignola 1583, 5; with kind permission of the Biblioteca Oliveriana, Pesaro).

Summing up the Italian developments before Guidobaldo, it can be concluded that some convergence points were applied—but there was no mathematical understanding of their property.

7.3 Guidobaldo Changing the Foundation of Perspective

Guidobaldo was a man of independent means and spent much time studying at his estate in Montebaroccio near Urbino. Here he had contact with Commandino who undoubtedly awakened Guidobaldo's interest in perspective. Thus, an unpublished manuscript on perspective which Guidobaldo presumably composed about 1588 reflects many of Commandino's ideas. Guidobaldo took up perspective a bit later in another manuscript and there he presented new ideas that resulted in his innovative approach to perspective. The information about the two manuscripts comes from Paola Marchi's thorough examination of them (Marchi 1998, 20, 72, 74–81). As indicated in the introduction, Guidobaldo had some problems in maturing his ideas, a fact he himself described in a letter he sent to Galileo in January 1593:

> My perspective is half asleep and half awake, because—to tell you the truth—I have so many engagements that I can scarcely breathe. For these matters I need to be free of all concerns. Still, I do want to finish it [...]. However, I have not yet discovered everything [...].[4]

By September, Guidobaldo thought it would be possible to finish his work during the winter and to have it published within a year (Galilei 1929-1939, vol. 10, 62). However, it was 1600 when the printed version of his work appeared—with the earlier mentioned rather down-to-earth title *Perspectivae libri sex*, but with a playful text written on a ribbon on the title page (Figure 7.9).

Besides being busy with various obligations, it seems that Guidobaldo spent much time trying to understand what made perspective work as it did, or in other words investigating the foundation of the theory of perspective. We can even, to some extent, follow his path to the great insight in his printed work, because there he included some of his early results despite the fact that they had been made superfluous by his subsequent research. An illustrative example of this is his treatment of a general convergence rule for parallel line segments.

Guidobaldo started by looking at parallel horizontal line segments like *BC*, *DE*, and *FG* in Figure 7.10 in which *A* is the eye point and *HKML* the picture plane—which is not parallel to the parallel line segments.

From reading Vignola, Danti, and Benedetti, Guidobaldo presumably had the idea that the images of *BC*, *DE*, and *FG*, that is *ML*, and *ON*, *QP*, when extended, converge at a point which he called *X* in figure. He wanted to prove this result, but at first he did not come up with a straightforward proof. His way out was to introduce an auxiliary picture plane *HRIL* parallel to the line segments *BC*, *DE*, and *FG* because that enabled him to apply a result he had proved earlier. Thus, he knew that in the picture plane *HRIL* the three parallel line segment would be depicted as parallel. From this result he concluded by a proof by contradiction that the images *ML*, *ON*, *QP* in the original picture plane *HKML* converge.[5]

It is worth noting that in this first treatment of parallel line segments Guidobaldo related the convergence point *X*, which he called *punctum concur-*

[4] "La mia Prospettiva mezzo dorme e mezzo vegghia, ché, a dir il vero, io ho tante le occupationi, che non mi lasciano respirare; e per queste cose bisognarebbe esser libero da ogni fastidio: pur la voglio finir [...]; ma non ho ancor trovato ogni cosa [...]" (Galilei 1929-1939, vol. XX, 54).

[5] For details see (Andersen 2007, 247; Marchi 1998, 94–103).

Figure 7.9: The title page of Guidobaldo's epoch-making book on perspective. The sentence in the ribbon I interpret as "without deception we are deceived."

sus, to the images of the parallel lines and not to the lines themselves. This way of conceiving convergence points he shared with his predecessors, and it has very appropriately been described by Marchi as considering a convergence point as an *operative point* in the construction of the images of the parallel line segments (Marchi 1998, 23, 37). I will now describe how Guidobaldo, later in his research, introduced this point in a different way.

In his subsequent investigations Guidobaldo extrapolated from his result concerning the images of horizontal parallel line segments and in this process he seemed to get more and more insight ending up with a completely general result concerning the images of any set of parallel line segments that are not parallel to the picture plane, for which he gave a very elegant proof (Andersen 2007, 249). However, in formulating his theorem he tended to keep to the wording that he had used in his first formulation of his convergence result. Thus, his proof for the general result is much more general than his formulation of it. In fact, Guidobaldo's proof establishes what I have called *the main theorem of perspective*.

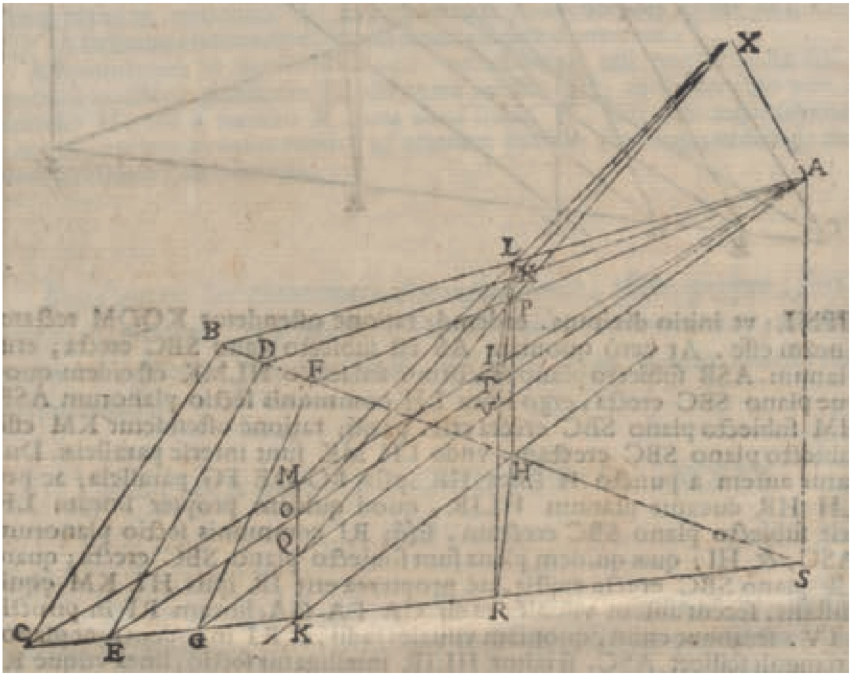


Figure 7.10: Guidobaldo's illustration for one of his proofs concerning a general vanishing point (Monte 1600, 35).

Before describing the content of this theorem, I would like to return to my discussion of the introduction of a convergence point. As we saw, Guidobaldo first characterized it as the point in which the images of parallel lines—not parallel to the picture plane—converge, and gave it the name convergence point. However, in his last proof for the general theorem he introduced the convergence point differently. First, he considered a situation in which there is given a picture plane π, an eye point *O*, and a line *AB* cutting the picture plane in *A* (Figure 7.11 the lettering is mine). Then he introduced the point *V* as the point of intersection of the plane π and the line through the eye point *O* parallel to the line *AB* (Monte 1600, 43; cf. Andersen 2007, 248). This point is, as we soon shall see, the same as the earlier convergence point, but now assigned to the line *AB* instead of to its image. In the beginning of the eighteenth century the British mathematician Brook Taylor assigned the point *V* to a line *AB* in the same way and called it the vanishing point of the line (Taylor 1715, 3)—a name that is still in use in English.

How can we prove that this vanishing point is the same as the previously considered convergence point? The answer is: with the help of the main theorem. It is hence the right place to present this theorem. In fact, the main theorem is very easy to formulate, as it states that the image of a line intersecting the picture plane like AB in Figure 7.11 is determined by its point of intersection A and its vanishing point V. Perhaps, this result does not seem very impressive, but it turned out to be almost revolutionary in the mathematical theory of perspective.

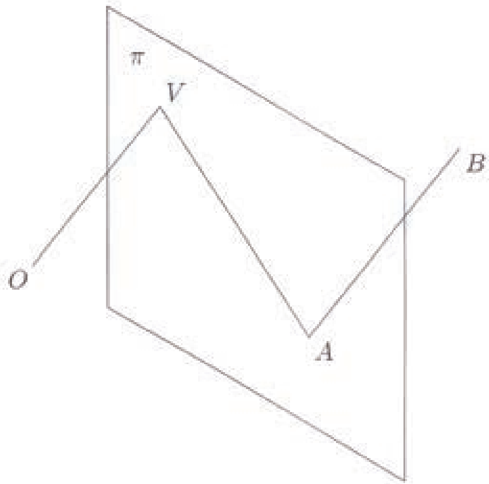


Figure 7.11: Diagram to illustrate Guidobaldo's general determination of the image of the line AB.

It is not immediately clear how we get from the result that the image of the line AB lies on the line AV to the relation between a convergence point and a vanishing point. However, if we consider a second line segment CD parallel to AB (Figure 7.12), we can conclude from the main theorem that this line segment has an image that is determined by the point C and the point in which the line through the eye point O parallel to CD cuts the picture plane π. Since AB and CD are parallel, the latter line is also OV, thus the image of CD lies on the line CV, implying that the images of the two parallel lines AB and CD meet or converge at the point

V. And for any other line parallel to AB and CD, the same argument shows that its image also passes through V. Hence the point V is indeed a convergence point.

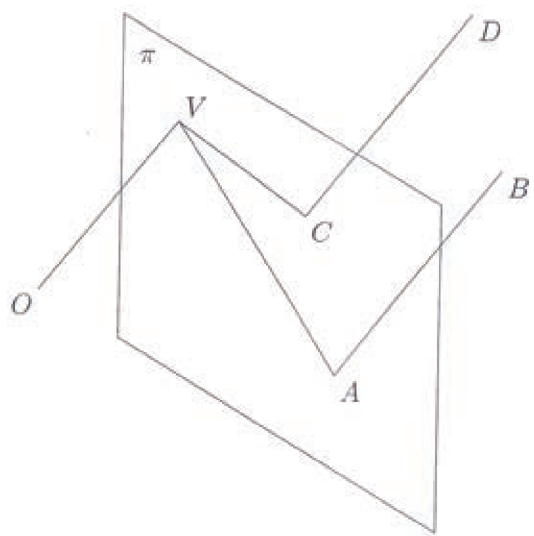


Figure 7.12: Diagram to illustrate that the two parallel lines AB and CD have the common vanishing point V.

I mentioned that Guidobaldo's proof of *the main theorem* was very elegant; it was also short and did not need any greater geometrical insight than the one he had inherited from classical Greek mathematics. Thus, it was not Guidobaldo's proof that gave rise to his new insight; rather it was the process of investigation that made him focus on convergence points and that led him to the concept of a general vanishing point—although he kept the name convergence point. This was really a crucial step in the history of the mathematical theory of perspective. With some simplification, it can be claimed that all further developments of this theory were a generalization of Guidobaldo's idea of a vanishing point for any set of parallel lines that are not parallel to the picture plane and of the *main theorem of perspective.*

As I noted in the introduction, Guidobaldo's result was more fundamental and had greater potential than he himself perhaps realized. And he was not the only one not to see how fundamental an insight he had reached. In fact, although *the main theorem* also constituted the primary theoretical tool for his successors, it took more than a hundred years before this was made explicit. The person to do so was Taylor, who in 1719 claimed "This Theorem being the principal Foundation of all the Practice of Perspective" (Taylor 1719, 14).

7.4 Guidobaldo's Main theorem and Perspective Constructions

Guidobaldo's new theory made it easy to conclude that Alberti and his successors were right when they constructed the images of *orthogonals* so that they pass through the orthogonal projection of the eye point upon the picture plane: According to Guidobaldo's definition of a vanishing point, the mentioned point is indeed the vanishing point of the *orthogonals*—the principal vanishing point. Similarly it can be concluded from the *main theorem* that the images of *diagonals* have one of the distance points as vanishing point.

To be able to make perspective constructions of objects it is sufficient to be able to construct the images of given points. However, all Guidobaldo's predecessors had presented construction of polygons, and Guidobaldo kept to this practice. Still, the methods he created were in principle point-wise constructions. Thus, from the image of a line, Guidobaldo turned to determining the image of a given point; he did this by constructing the images of two lines passing through the given point. He was so greatly taken by the possibility his *main theorem* offered him in choosing a pair of lines through a given point that he presented no less than twenty-three different methods of constructing the image of a point (Monte 1600, 61–104).

7.5 Guidobaldo's Other Contributions to Perspective

Apart from solving the problem of understanding the geometry behind perspective constructions, Guidobaldo touched upon a number of new themes in his *Perspectivae libri sex*; I briefly describe the three I find the most interesting, namely:

- How to perform perspective constructions in other picture planes than vertical ones, such as oblique and curved planes.
- How can we from perspective compositions gain knowledge about the original configuration?
- A subject I call *direct constructions* in the picture plane, whereby I mean constructions that are performed directly in the picture plane without involving auxiliary drawings such as a plan.

In giving up the requirement that a picture plane should be vertical, Guidobaldo started by explaining how to construct images in an oblique picture plane (Monte 1600, 136–151). His treatment of this subject was based on the *main theorem* which he had formulated so generally that it also includes oblique planes. He continued by studying constructions in rather spectacular screens which were composed of more surfaces, some of which could be curved. In one of his examples he went so far as to consider a picture plane formed by a surface combined of a cylinder, a sphere and a cone (Monte 1600, 164). Working with curved surfaces can become very complicated, but Guidobaldo kept to fairly simple examples.

The theme of getting information from a perspective drawing has become known as *inverse problems of perspective*. In general such problems have more mathematical than practical relevance since a perspective projection is chosen when one wants to give a visual impression of how an object looks. If one wants to convey a precise information about the shape of an object, another representation than a perspectival projection is chosen, for instance a parallel projection or a plan and an elevation.[6] There is, however one inverse problem of perspective that does have some practical interest, namely the following. Where should a person standing in front of a perspective image place his or her eye to properly perceive the scene created by the artist?

From a mathematical point of view, answering this question means reconstructing the eye point that the artist used for making his perspective drawing. The general problem of finding the eye point for a perspective composition is indeterminate, unless some information is given or some assumptions made. This may typically involve assuming that a tiled floor is the image of a floor with square tiles. However, rather than being inspired by practical questions or driven by a wish to gain mathematical insights, Guidobaldo seems to have taken up inverse problems because he wanted to use their solutions as auxiliary results for perspective constructions (Andersen 2007, 261).

Though Guidobaldo himself did not do much about inverse problems of perspective, he may have inspired several of the leading mathematicians in the field of geometrical perspective, including Stevin, Taylor and Johann Heinrich Lambert, to take an interest in these problems. Like Guidobaldo, they did not primarily treat the practical aspect of inverse problems; instead, they focussed upon characterizing the information needed to be able to solve a problem of inverse perspective uniquely. I have just given an example in which it was assumed that some tiles appearing in a picture were images of squares, the mentioned protagonists wanted to assume less.

[6] In the mid-nineteenth century the theory of inverse perspective underwent a revival and was further developed in connection with photographic surveying.

With respect to *direct constructions* Guidobaldo treated two examples in each of which he showed how one of the basic Euclidean constructions can be performed directly in the picture plane (Monte 1600, 113–114). In the first he assumed that in the picture plane were given the images of a line and a point in a horizontal plane. He then wanted to perform a direct construction of a line through the given point that is the image of the line that passes through the original of the given point and is parallel to the original of the given line. In his second example Guidobaldo treated the perspective version of the following Euclidean construction: Through a given point on a given line, draw a line that makes a given angle with the given line. The theme of direct constructions was taken up by the later perspectivists who developed Guidobaldo's idea and systematically treated the perspectival versions of the most common Euclidean constructions.

7.6 Guidobaldo's Influence on the Academic Approach to Perspective

Although Guidobaldo's accomplishment in the theory of perspective really deserves to be known, he himself seems to have been unable to pass on the message that his theory was helpful for those who wanted to understand the operations performed in perspective constructions. In September 1593 he wrote to Galileo that he was cutting and abbreviating his manuscript as much as he could, because he found it too long (Galilei 1929-1939, vol. 10, 62). However, Guidobaldo seems to have been so attached to his material that he could not restrict himself to the really important issues. The result was that his brilliant ideas drowned in a sea of irrelevant propositions. This makes the reading of *Perspectivae libri sex* a tedious and confusing experience.

Jean Étienne Montucla expressed the following opinion on Guidobaldo's *Perspectivae libri sex* in his *Histoire des mathématiques*.

> Moreover, the work by Guidobaldo suffers from the usual fault of its time; the matter it presents in a multitude of theorems could have been expressed far more neatly in fewer pages.[7]

While I agree with Montucla's observations on Guidobaldo's style, I disagree in calling it typical for his time. In fact, only five years after the publication of *Perspectivae libri sex*, the Dutch mathematician Simon Stevin presented the work's basic ideas in a few pages (Stevin 1605c). I rather relate the prolixity of

[7] "Au reste, l'ouvrage de Guido-Ubaldi a le défaut ordinaire de ceux de son temps; ce qu'on y trouve exposé en une multitude de propositions, pouvoit être dit avec plus de netteté en peu de pages" (Montucla 1758, vol.1, 636).

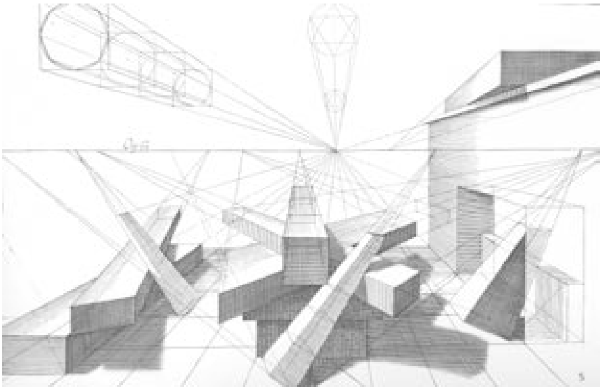


Figure 7.13: In this drawing Johan Vredeman de Vries placed the vanishing points of horizontal lines as well as of oblique lines on the horizon (De Vries 1604-1605, part II, Figure 3).

Guidobaldo's approach to his personal style and to the fact that the first formulations of concepts or ideas in mathematics are often more complicated than later presentations.

Considering the effort it takes to read *Perspectivae libri sex*, I suspect that the number of people who studied the work thoroughly is small; among those who have I would count Stevin, François Aguilon, and Samuel Marolois. Through their works Guidobaldo's ideas were spread to a wider audience (Stevin 1605c; Aguilon 1613 and Marolois 1614). Actually all the further developments of the theory of perspective have their roots in Guidobaldo's *Perspectivae libri sex*—a theme I return to in the conclusion in section 7.

Throughout this chapter I have concentrated on Guidobaldo's contributions to the theory of perspective, but when drawing the discussion to its end it seems appropriate to touch upon what his work meant to the practice of perspective. One of his successors, Claude François Milliet Dechales, surveyed the literature on perspective in 1690 and made the following remark on *Perspectivae libri sex*.

> The theory of this work is solid and geometrical, yet the method is somewhat on the difficult side. As a result, no one could learn perspective from this book alone; because it appears that it does not go sufficiently down into its practice. However, if one is moderately

versed in perspective, one can gain much enlightenment from the book.[8]

Dechales was right, Guidobaldo's work is not helpful for non-mathematicians, but being written in Latin and mainly containing examples dealing with geometrical figures, it was not meant to be. Its direct influence on the practice of perspective is therefore minimal. However, it is my impression that Guidobaldo was instrumental in making many practitioners aware of the concept of a general vanishing point. Thus, in the literature published after the first decade of the seventeenth century, we do not find the misconception held by the Dutch artist Johan Vredeman de Vries repeated. He had somehow got the idea, as it can be seen in Figure 7.13, that all parallel lines—apart from those parallel to the picture plane—converge on the horizon.

7.7 Conclusion

In short, it can be concluded that an interest among Italian mathematicians in the latter half of the sixteenth century inspired Guidobaldo to take up perspective. He inherited the idea that not only orthogonals and diagonals have vanishing points, and through a gradual process, he came to realize the importance of the *main theorem* of perspective. His achievements were extremely important for the development of the mathematical theory of perspective and had some consequences for its practice. However, it was his results rather than his presentation that inspired his successors.

Let me add that Guidobaldo closed one era and opened another in the history of the mathematical theory of perspective in the sense that he provided the geometrical explanations behind perspective constructions and gave his successors inspiration to continue along his line. Thus, there is the following trajectory of inspiration (Andersen 2007, 717): Guidobaldo's insights travelled from Italy to the Northern Netherlands and were quickly adopted by Stevin and then picked up by Willem 'sGravesande. The latter did not add any decisive new results to the theory, but he appreciated and exploited its potential more strongly than his predecessors. Then, once more, the development crossed a border or, to be more precise, the North Sea to England. Taylor was inspired by 'sGravesande's mathematical understanding and added quite a bit of his own. In fact, Taylor provided perspective with a new mathematical life, among other things by introducing and applying the general concept of a vanishing line for a set of parallel planes cutting the picture plane. This line consists of the vanishing points of all the lines

[8] "Doctrina hujus operis solida est & geometrica, tamen methodus paulo difficilior; ita ut nullus in eo solo libro possit perspectivam addiscere, videtur enim non satis ad praxin descendisse, qui tamen in perspectiva mediocriter esset versatus posset ex eo multum lucis haurire," in (Dechales 1690, 68).

in the parallel planes—the horizon being a noticeable example of a vanishing line, namely of horizontal planes. Guidobaldo did not single out the concept of a vanishing line, but it occurs implicitly in his work (Andersen 2007, 249).

The story about the development of the mathematical theory of perspective ends with Lambert because he left no important questions about how to project three-dimensional figures upon a plane surface unanswered. Lambert's approach to perspective was to perform all constructions directly in the picture plane; in doing so he fully elaborated one of Guidobaldo's contributions to perspective.

Acknowledgement

I am extremely thankful to Henk Bos for having commented upon this paper and not least for having drawn the Figures 7.1–5, 7.11 and 7.12.

References

Aguilon, F. (1613). De scenographice. In: *Opticorum libri sex*. Antwerpen: Officina Plantiniana, 637–681.

Alberti, L. B. (1972). *On painting and on sculpture. The latin texts of De pictura and De statua*. Ed. by C. Grayson. London: Phaidon.

Andersen, K. (2007). *The Geometry of an Art: the History of the Mathematical Theory of Perspective from Alberti to Monge*. New York: Springer.

Andersen, K. and E. Gamba (2008). Monte, Guidobaldo, Marchese Del. In: *New Dictionary of Scientific Biography*. Ed. by N. Koertge. Vol. 5. Detroit: Scribners' Sons, 174–178.

Benedetti, G. B. (1585). *Diversarum speculationum mathematicarum, et physicarum liber: quarum seriem sequens pagina indicabit*. Torino: Bevilaqua.

Commandino, F. (1558). *Federici Commandini urbinatis in Planisphaerium Ptolemaei commentarius*. Venezia: Aldo Manuzio.

Dechales, C. F. M. (1690). *Cursus seu mundus mathematicus*. Ed. by A. Varcin. 4. Lyon: Posuel Rigaud.

De Vries, Johann V. (1604-1605). *Perspective: das ist die weit beruehmte Khunst*. Leiden: Hondius.

Galilei, G. (1929-1939). *Le opere di Galileo Galilei*. Ed. by A. Favaro. Firenze: Barbèra.

Marchi, P. (1998). *L'invenzione del punto di fuga nell'opera prospettica di Guidobaldo dal Monte*. MA thesis. Pisa: Università degli studi di Pisa.

Marolois, S. (1614). *La perspective contenant la theorie et la pratique*. Den Haag: H. Hondius.

Monte, Guidobaldo del (1600). *Perspectivae libri sex*. Pesaro: Girolamo Concordia.

Montucla, J. E. (1758). *Histoire des mathématiques*. Vol. 2. Paris: Jombert.

Piero, della Francesca (1942). *De prospectiva pingendi*. Ed. by G. Nicco Fasola. Vol. 1. Firenze: Sansoni.

Rose, P. L. (1974). Monte, Guidobaldo, Marchese Del. In: *Dictionary of Scientific Biography*. Ed. by C. C. Gillispie. Vol. 9. New York: Scribners' Sons, 487–489.

Sinisgalli, R. (1978). *Per la storia della prospettiva (1405-1605). Il contributo di Simon Stevin allo sviluppo scientifico della prospettiva artificiale ed i suoi precedenti storici*. Roma: L'Erma di Bretschneider.

Stevin, S. (1605a). De optica. In: *Hypomnemata mathematica a Simone Stevino. Tomus tertius*. Leiden: Ex Officina Ioannis Patii.

— (1605b). Des perspectives. In: *Mémoires mathématiques par Simon Stevin. Livre trois*. Leiden: Paedts Iacobsz.

— (1605c). Van de verschaeuwing. Eerste bouck der deursichtighe. In: *Wisconstighe Ghedachtnissen*. Leiden.

Taylor, B. (1715). *Linear Perspective: or, a New Method of Representing justly all Manner of Object*. London.

— (1719). *New Principles of Linear Perspective: or the Art of Designing on a Plane the Representations of all Sorts of Objects, in a more General and Simple Method than has been done before*. London.

Vignola, J. Barozzi da (1583). *Le due regole della prospettiva pratica di M. Iacomo Barozzi da Vignola, con i comentarij del R.P.M. Egnatio Danti dell'ordine de predicatori, matematico dello studio di Bologna*. Roma: Francesco Zannetti.

Chapter 8
Guidobaldo del Monte e Piero della Francesca: raffronti prospettici

Stefano Marconi

1. Nel trattato *De prospectiva pingendi* Piero della Francesca segue la classificazione attuata da Leon Battista Alberti quando afferma che “la pittura contiene in sé tre parti principali, quali diciamo essere disegno, commensuratio et colorare” (Piero 1942, 63). Sia pur un po’ irrigidendola, infatti egli affronta con ampiezza specialmente gli argomenti relativi a quella che definisce “commensuratione, quale diciamo prospectiva, mescolandoci qualche parte de disegno” dice, mentre “il colorare lasciaremo stare, e tractaremo de quella parte che con line angoli et proporzioni se po dimostrare dicendo de puncti, linee, superficie et de corpi.” Rifacendosi ancora una volta e in modo ancor più stretto a Leon Battista Alberti e al suo fondamentale testo sull’arte pittorica, è come se Piero della Francesca avesse implicitamente fatte proprie le convinzioni di Panfilo, antichissimo e nobilissimo pittore che fu maestro di Apelle.[1] Questi reputava infatti che non vi sarebbe stato nessun buon pittore il quale non fosse a conoscenza della geometria. E la prospettiva dipende dalla geometria.

Così, allo stesso modo, Guidobaldo del Monte nel primo dei *Perspectivae libri sex* subito presenta un’analoga tripartizione della pittura che definisce con i seguenti termini: “delineatio, umbra et colores” (Monte 1600, 2). Ugualmente il discorso specifico dell’autore si rivolge solo alle prime due parti perché rientrano sotto il dominio della prospettiva, quindi tali da costituire riferimento oggettivo e solida base alla disciplina e non per ultimo in grado di conferire superiore dignità a chi la esercita.

La tangibile ascendenza pierfrancescana è attenuata dalla variante del secondo termine, “l’ombra” al posto di “commensuratio.” Il vocabolo adottato da Piero pone l’accento sulla misura e sulla proporzione, che in un’opera di pittura devono regolare l’esatta corrispondenza delle grandezze nello spazio in rapporto alle reciproche distanze. Il vocabolo adottato da Guidobaldo sottolinea invece l’importanza del fattore proiettivo nella costruzione dell’immagine figurativa. Un’espressione analoga ricorre parimenti una seconda volta appena più avanti

[1] Cfr. (Alberti 1973, 92–93). Il riferimento al pittore Panfilo è desunto da Plinio.

nel testo, laddove l'autore descrive alla maniera di Vitruvio i metodi di rappresentazione di un edificio architettonico. Qui, dopo aver dato rapidi ragguagli sui disegni della pianta e dell'alzato, "Ichnographia" e "Orthographia", egli definisce in sintesi anche la costruzione prospettica che denomina indifferentemente "Sciographia seu Scenographia". Termine, il primo, dalla duplice valenza, potendo riferirsi a una pittura composta con un'ordinata distribuzione di luci e di ombre, a una vera e propria pittura in prospettiva, oppure potendo significare apparenza, inganno, illusione.

In base ad un'antica tradizione, tramandataci da autori come Quintiliano,[2] Plinio il Vecchio[3] e Atenagora,[4] l'invenzione della pittura è collegata al tracciato sulla parete di una figura seguendo il contorno dell'ombra proiettata da un corpo umano illuminato da una sorgente di luce.

L'idea del breve cono d'ombra proiettato dai corpi opachi si applica a grandezze spaziali progressivamente crescenti, fino alla profondità degli spazi eterei, in cui si proiettano i coni d'ombra che la Terra e la Luna generano determinando il verificarsi delle eclissi.

Frattanto, nella Grecia classica gli antichi raggiunsero una convincente spazialità nella rappresentazione. Da un esame attento e da un confronto serrato tra i passi delle fonti letterarie che ricordano Apollodoro d'Atene, si afferma esplicito il suo valore sia come σκιαγράφος, sia come σκηνογράφος, quindi prospettico e al tempo stesso pittore di ombre.[5] Con ogni verosimiglianza nella distinzione e simultanea compresenza dei due elementi tecnici e stilistici consiste la singolarità della sua personalità artistica. Gli si dà l'epiteto di σκιαγράφος[6] e gli si riconosce altresì il merito di "exprimere species," "rappresentare, dar forma all'apparenza visibile."[7] Vale a dire che specificamente nella locuzione "pittore di ombre" il secondo termine assume la duplice valenza di "parvenze," "figure illusorie" ed anche, al fine della simulazione del vero, di ombre "primitive" e "derivative" secondo la terminologia leonardiana e che noi chiamiamo rispettivamente ombre "proprie" o aderenti ai corpi e ombre "portate" o "proiettate." Nel suo significato complessivo è legittimo il riferimento così alla realtà visiva e alla verità ottica, come alle apparenze sensibili, agli inganni, alle illusioni resi attraverso il consapevole e abile impiego degli artifici del disegno, della composizione, del colore unito alla luce.

[2]Quintiliano, *Institutio oratoria*, X, 2, 7.
[3]Plinio il Vecchio, *Naturalis historia*, XXXV, 15.
[4]Atenagora, Πρεσβεία περὶ τῶν Χριστιανῶν, 17.
[5]Per l'analisi critica delle fonti su Apollodoro e per il raccordo con gli sviluppi figurativi nel Quattrocento italiano si veda (Gioseffi 1957a, 478–480), ora in (Gioseffi 1994, 175–180).
[6]Si vedano in particolare le voci σκιά, σκιαγράφος nel Λεξικόν di Esichio Alessandrino.
[7]Plinio, *op. cit.*, XXXV, 60.

Il ricorrere delle medesime costanti formali induce ad avanzare significative consonanze fra le vicende della storia artistica antica e di quella moderna, tali che ognuna delle due può illuminare l'altra. Per via delle comuni e determinanti basi prospettiche, il singolare svolgimento della pittura greca nella seconda metà del quinto secolo si accosta perfettamente allo sviluppo organico nella pittura del Quattrocento italiano.

Quando alla fine del secolo l'attività di Apollodoro giunge al suo apice, era trascorso un cinquantennio dalle prime invenzioni di prospettiva dipinta da parte di Agatarco, pittore cui appartengono le scene per una delle tragedie di Eschilo,[8] composte secondo gli artifici della geometria che davano all'immagine visiva la sensazione illusoria della profondità. All'incirca lo stesso lasso di tempo che intercorse durante il Rinascimento tra i due esperimenti brunelleschiani di vedute urbane fiorentine in prospettiva e i frutti definitivi nella pittura prospettica conseguiti da Piero della Francesca presso la corte urbinate di Federico di Montefeltro.

Una concordanza puramente visuale che indica con chiarezza il comune orientamento formale.

Nell'incisiva valutazione della sua arte, il senso comune ai succinti passi delle fonti è che il merito di Apollodoro consiste nella novità di rappresentazione della realtà ottica, non tanto con il tracciato lineare dei contorni per disporre le forme nello spazio, perché Agatarco ne era stato il precursore e l'iniziatore nella scenografia teatrale, quanto con la modulazione e la gradazione dei colori materiali per la resa dei valori della luce e dell'ombra.[9] Si potrebbe dire "sintesi prospettica di forma e di colore," secondo l'essenziale ed efficace espressione coniata dall'illustre storico d'arte Roberto Longhi per interpretare la cifra stilistica di Piero della Francesca, pittore classico per antonomasia del primo Rinascimento italiano[10]

Prendo un solo esempio figurativo pierfrancescano che venga ad assicurare e dimostrare l'unità di universo formale e suppongo che consenta di sintetizzare l'accostamento. Nella cosiddetta pala di Brera un'ambivalenza intrinseca all'immagine lega in efficace accordo scenario architettonico, disposizione dei personaggi e distribuzione d'ombre e luci, facendo sì che l'apparenza visiva contraddica e sovverta l'ordinamento reale delle cose (Maltese 1974).

Per via della prospettiva la pittura compone cose finte, ma formate a somiglianza del vero. Essa diviene così un prodigioso strumento di sostituzione del

[8] Vitruvio, *De architectura*, VII, praef., 11.

[9] Sul ruolo di Apollodoro nello svolgimento della storia pittorica si veda anche (Moreno 1987, 81–83).

[10] La nota definizione longhiana appare per la prima volta nel fondamentale saggio: *Piero dei Franceschi e lo sviluppo della pittura veneziana* (Longhi 1914), ora in (Longhi 1961, 66).

reale che si avvale del rapporto ambivalente tra verità e illusione, tra realtà e finzione.

Con Leon Battista Alberti e Piero della Francesca Urbino diviene il principale centro di elaborazione teorica della disciplina e i successivi svolgimenti si dispongono su una linea evolutiva coerente, segnata da uno sviluppo lento e graduale che trova nell'opera di Guidobaldo la manifestazione più matura, la forma più compiuta. Nella parte introduttiva, seppure non in modo ostentato, l'autore manifesta la consapevolezza di chi si trova all'apice di una tradizione e si appresta ad assolvere il compito di sondarne le ragioni più intime, di svelarne i segreti più profondi. L'arguto motto "citra dolum fallimur," che compare sul frontespizio del trattato, è un'eco concisa e penetrante d'una concezione assai antica e si presta bene ad esprimerla. Le parole "senza inganno veniamo ingannati" suonano come l'invito a "imitare con l'inganno," è un "inganno senza frode."

Vediamo dunque d'indagare alcuni tratti caratteristici del meccanismo che rende possibile l'illusione visiva, i quali non esito a definire propri della scuola prospettica urbinate.

2. Ai fini di un'interpretazione unitaria dell'arte o scienza della prospettiva durante il Rinascimento funge da elemento ordinatore lo svolgimento lento e graduale dalla regola del punto principale, o punto di fuga delle rette perpendicolari al quadro, al concetto di punto di fuga nel senso più generale e completo del termine, introdotto proprio da Guidobaldo del Monte. Spetta a lui infatti il riconoscimento della fondamentale proprietà che in prospettiva l'immagine di un qualunque sistema di rette parallele fra loro, ma non al quadro, è un fascio di rette concorrenti nel punto ove la retta condotta per l'occhio, ad esse parallela, interseca il quadro stesso.

Una delle tappe salienti di questo processo evolutivo è la costruzione nella quale Piero della Francesca si avvale sul quadro dei due punti A e O, collocati alla medesima altezza e a cui confluiscono o da cui si dipartono le due rette AB e OC che, intersecandosi, danno l'immagine L del punto che si vuole prospettico (Figura 8.1).

Si tratta del procedimento detto con "punto di distanza," perché la "distanza" tra i due punti corrisponde esattamente alla "distanza" dell'osservatore dal quadro (Piero 1942, 87). Spunto essenziale e a un tempo tratto isolato, che certo ha rilievo spiccato all'interno del testo, ma non tale da assumere fisionomia di modello, poiché rimane l'unico esempio in cui Piero cerca la prospettiva di una figura prescindendo dalla sua preliminare presentazione in propria forma. Eppure il motivo della trasposizione del punto di vista a lato del punto principale ebbe straordinaria fortuna nella letteratura teorica. Una predilezione incontestabile, almeno nel Rinascimento, che dimostra quanto contasse come requisito indispensabile nelle operazioni prospettiche la distanza dell'osservatore dal quadro.

Figura 8.1: La prospettiva di un quadrato ottenuta da Piero della Francesca senza il "piano di profilo." Dalla proposizione XXIII del libro primo.

Alla stregua di un artificio tecnico il nuovo elemento costruttivo entra nell'uso della pratica figurativa, tanto che la storia prospettica suole a proposito indicare una linea genealogica di discendenza che collega Piero della Francesca a Baldassarre Peruzzi e questi a Sebastiano Serlio. È comunque riconosciuto al Vignola, commentato dal Danti, il merito di aver contribuito in modo decisivo a diffondere la conoscenza e a divulgare le caratteristiche del cosiddetto procedimento con punto di distanza (Vignola 1583, 99–100). Il suo apporto di chiarificazione può considerarsi effettivamente ragguardevole, ma non tale da esaurirne tutti gli aspetti e tutti i complessi significati. Andavano in particolare indagate le precise relazioni geometriche intercorrenti tra le parti che stanno al di qua e al di là del quadro.

L'impulso decisivo in tal senso si deve all'indagine analitica di Guidobaldo del Monte che nella proposizione XX del secondo libro dà l'elaborazione teorica e l'esemplificazione pratica del modo di procedere seguito da Piero della Francesca, rivelandone l'intrinseca struttura e individuandone le leggi costitutive (Figure 8.2 e 8.3) (Monte 1600, 88–91).

Scelgo principalmente l'elaborazione teorica per determinare con maggior precisione gli elementi che spiegano in modo sostanziale l'accostamento.

È cosa superflua osservare che mentre l'esempio pierfrancescano verte sulla figura apparente del quadrato BCLM, quello di Guidobaldo riguarda invece la figura triangolare BCD, poiché in entrambi vi è l'esigenza prioritaria di trovare la prospettiva L del singolo punto C. È proprio la comune finalità a divenire valida base di confronto fra i disegni di Piero della Francesca e di Guidobaldo del Monte. Le parti componenti la struttura sono poche e le rispettive funzioni pressoché identiche. Perciò la proposta teorica elaborata dal matematico pesarese in direzione del generale e rappresentata ad un così alto livello di astrazione può ben

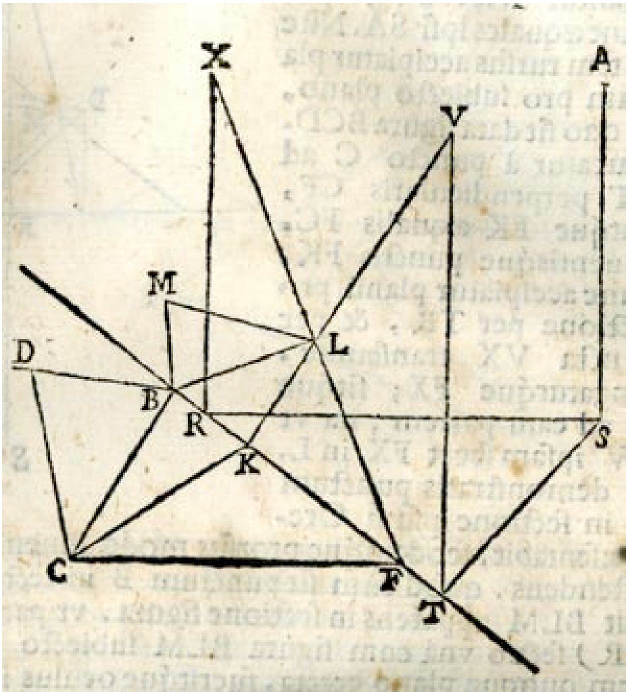


Figura 8.2: *Decimusquintus modus* (foto Biblioteca Oliveriana, Pesaro)

caratterizzare e spiegare la coerenza interna dell'esempio particolare che compare in modo quasi sperimentale nel testo dell'artista borghigiano.

La correlazione degli elementi nel sistema e l'integrazione dinamica tra gli spazi esterno ed interno al quadro si attuano attraverso le coppie di rette parallele RX TV, SR FC, ST KC, che sono o perpendicolari o inclinate a 45° rispetto alla linea di sezione. Così nella sezione eretta al piano sottostante le immagini delle rette date concorrono nei punti centrale X e laterale V, alti quanto l'occhio, e s'intersecano in L, prospettiva del punto dato C (Figura 8.3).

Innanzitutto, riguardo alla nomenclatura, segnalo che Guidobaldo chiama "sectio erecta" il quadro verticale e "subiectus planus" il piano orizzontale terreno o geometrale, con il termine "sectionis linea" intende l'intersezione del quadro con il geometrale ovvero la linea di terra o retta fondamentale e invece attribuisce il nome di "punctus distantiae" all'odierno punto di stazione ovvero al piede della perpendicolare abbassata dall'occhio al piano orizzontale.

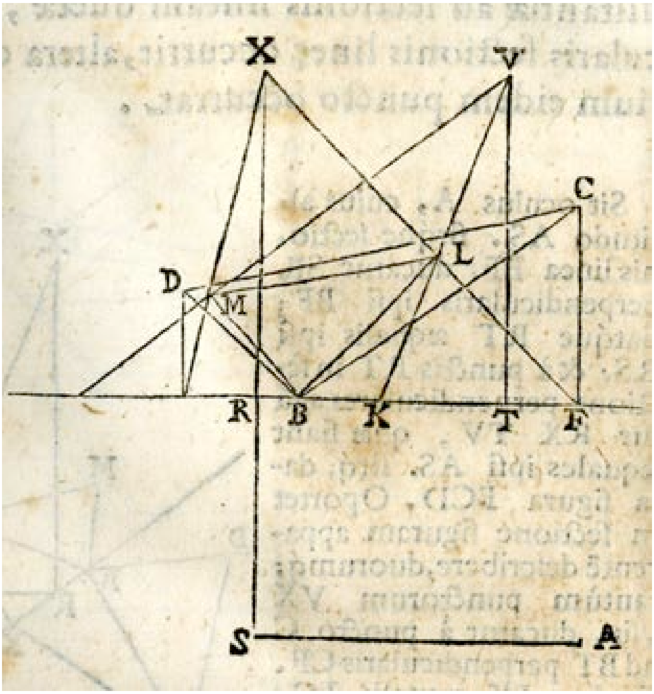


Figura 8.3: *Decimusquintus modus* (foto Biblioteca Oliveriana, Pesaro)

Rivolgo poi l'attenzione ad un dato particolare che costituisce la prova evidente della convergenza proposta fra i testi chiamati in causa. Nel "decimusquintus modus" di Guidobaldo il punto laterale V equivale tanto all'"ochio dato" della proposizione XXIII nel I libro del trattato pierfrancescano quanto alla "vista del riguardante" nella seconda regola del Vignola, essendo la quantità di RT uguale alla misura di SR, vale a dire della perpendicolare che collega la "sectionis lineam" al "puncto distantiae" secondo la terminologia di Guidobaldo.

Proprio l'elevato livello di astrazione dell'analisi fa risaltare indirettamente quegli stessi rapporti logici che soli danno forma e senso all'unità sistematica e funzionale delle parti nel tracciato prospettico presentato assai prima in modo così conciso e circoscritto da Piero della Francesca. Perciò la transizione da testo a testo non è azzardata, se mostrano entrambi così evidenti segni di stretta e specifica affinità da fissare i rispettivi limiti storici d'una tradizione. In coincidenza col rinnovamento impresso alla disciplina, Guidobaldo giunge alla più lucida teorizzazione del cosiddetto "metodo col punto di distanza," ove moderna teoria del punto di concorso e classiche definizioni di geometria euclidea si fondono indissolubilmente.

Non intendo addentrarmi ulteriormente nel distinguere in modo dettagliato i vari momenti della dimostrazione. Preferisco citare per disteso l'elaborazione teorica lasciando ad una sequenza grafica (Figure 8.6–8.9) il compito di illustrare la serie delle fasi e le ragioni della geometria che il procedimento comporta e implica:

> Oculo dato, dataque in subiecto plano rectilinea figura, in proposita sectione subiecto plano erecta figuram apparentem describere. Oporte atque rursus problema perficere duobus punctis in sectione positis ut oculus aeque altis ac ita constitutis ut, ductis perpendicularibus ad sectionis lineam, pars sectionis lineae intercepta sit aequalis lineae perpendiculari a puncto distantiae ad sectionis lineam ductae et, ubi haec perpendicularis sectionis lineae occurrit, altera quoque perpendicularium eidem puncto occurrat. Sit oculus A, cuius altitudo AS, sitque sectionis linea BF. Ducatur SR perpendicularis ipsi BF fiatque RT aequalis ipsi RS et a punctis RT in sectione perpendiculares agantur RX TV, quae fiant aequales ipsi AS. Sitque data figura BCD. Oportet in sectione figuram apparentem describere duorumque tantum punctorum VX usu. Ducatur a puncto C ad BT perpendicularis CF fiatque FK aequalis FC. Oportet autem punctum K ad eam partem collocare, ita ut ductis KV FX se invicem secare possint, ut in L. Dico primum punctum C apparere in L; iunctis enim ST CK, quoniam in triangulo SRT latera RS RT sunt aequalia, erunt anguli RST RTS inter se aequales et, quoniam tres anguli trianguli duobus sunt rectis aequales et angulus SRT est rectus, erit unusquisque angulus RST RTS recti dimidius. Similiter trianguli CFK angulus CFK est rectus et latera KF FC inter se sunt aequalia, unde aequales sunt anguli FCK FKC et unusquisque est recti dimidius. Ergo angulus KTS est angulo TKC aequalis ac propterea linea ST est ipsi KC parallela. Quia vero in sectione linea TV est ipsi TB perpendicularis et ipsi AS aequalis, erit punctum V punctum concursus ipsius KC. Quare linea KC in KV apparet. Cum autem SR CF sint ipsi TB perpendiculares, erunt inter se parallelae, quodcum SR ipsi CF aequidistet et in sectione linea RX sit ipsi TB perpendicularis et ipsi AS aequalis, erit punctum X punctum concursus ipsius FC. Quare CF apparet in sectionem in FX. Et est punctum C in utraque linea KC FC, ergo apparebit punctum C in L, ubi nempe KV FX se invicem secant. Parique ratione invenietur punctum M ipsum D repraesentans et quoniam punctum B est in

> sectione, iunctis BL LM MB, erit BLM in sectione apparens figura. Quod facere oportebat (Monte 1600, 88–89).

Segue la traduzione (Sinisgalli 1984, 96–97):

> Dato l'occhio e data nel piano sottostante una figura rettilinea, disegnare in una assegnata sezione, eretta al piano sottostante, la figura apparente. Bisogna risolvere, di nuovo, il problema con due punti presi in sezione, alti quanto l'occhio; ma in modo tale stabiliti che, tirate le perpendicolari alla linea di sezione, la parte della linea di sezione, intercettata, sia uguale alla perpendicolare condotta dal punto di distanza alla linea di sezione, e dove questa perpendicolare incontra la linea di sezione, anche nel medesimo punto la incontri l'altra perpendicolare (Figura 8.6). Sia A l'occhio, e la sua altezza sia SA, e sia BF la linea di sezione; si conduca SR perpendicolare alla stessa BF e sia RT uguale alla stessa RS; e dai punti RT si mandino in sezione le perpendicolari RX TV, uguali alla stessa AS; e sia BCD la figura data. Bisogna disegnare nella sezione la figura apparente, e servirsi solamente dei due punti VX (Figura 8.7). Dal punto C si conduca CF, perpendicolare a BT; e sia FK uguale ad FC. Bisogna collocare, altresì, il punto K in modo tale che KV ed FX, una volta tracciate, si possano intersecare, ad esempio in L (Figura 8.8). Dapprima, dico che il punto C appare in L; congiunti, infatti, ST e CK, poiché nel triangolo SRT i lati RS ed RT sono uguali, saranno anche uguali gli angoli RST ed RTS; e poiché i tre angoli di un triangolo sono uguali a due angoli retti e l'angolo SRT è retto, si avrà che ciascuno degli angoli RST ed RTS sarà la metà di un angolo retto. Similmente, l'angolo CFK del triangolo CFK è retto e i lati KF ed FC sono uguali tra di loro; per cui, sono uguali gli angoli FCK ed FKC; e ciascuno di essi è la metà di un angolo retto; dunque, l'angolo KTS è uguale all'angolo TKC; e perciò la linea ST è parallela alla stessa KC; e poiché la linea TV in sezione è, altresì, perpendicolare alla stessa TB ed uguale ad AS, il punto V sarà il punto di concorso della stessa KC (Figura 8.9). Per la qual cosa, la linea KC appare in KV. Essendo poi SR e CF perpendicolari alla stessa TB, saranno tra di loro parallele; e poiché SR è equidistante alla stessa CF, e in sezione la linea RX è perpendicolare alla stessa TB ed è uguale alla stessa AS, il punto X sarà il punto di concorso della stessa FC; per la qual cosa, CF appare in sezione in FX. Ma il punto C appartiene sia a KC che ad FC; dunque, il punto C apparirà in L, dove precisamente si intersecano le linee KV ed FX; e, per il medesimo motivo,

> si troverà il punto M che rappresenta lo stesso D; e poiché il punto B è nella sezione, congiunti i punti BL LM MB, sarà BLM la figura che appare in sezione. Cosa che bisognava fare.

Guidobaldo del Monte non dimentica o consapevolmente tralascia le esperienze prospettiche degli artisti teorici del Rinascimento, ma le contiene in sé e, pur non evocandole mai in modo esplicito, le conduce a un più alto grado di concezione astratta. Nel momento stesso in cui si accinge a sancire il definitivo superamento del procedimento tradizionale, indugia nel sottoporlo ad un altrimenti arduo processo di razionalizzazione. Contribuisce così a conferire ad esso il suo pieno senso.

Nell'estesa esemplificazione del II libro la differenza radicale è che, per trovare la figura prospettica di una figura data, Guidobaldo si era avvalso di due punti qualsiasi di concorso "in sectione positis ut oculus aeque altis" e non si era affidato al solo punto principale e a un punto della distanza come gli autori che lo avevano preceduto.[11] Così aggiornato e non relegato a un ruolo di mera sopravvivenza, il tradizionale e prima privilegiato procedimento con punto di distanza si adegua e si conforma alla nuova pluralità di innumerevoli modi operativi particolari mai chiusi ed esclusivi, perché legati l'un l'altro in una successione necessaria all'unico principio generale che li governa.

3. Abbiamo visto quanto conti, nell'analisi del testo, l'aver rilevato che, in prossimità di una svolta storica e culturale di notevole portata, oltre ad introdurne di nuovi, Guidobaldo del Monte si sia intrattenuto a studiare i più antichi procedimenti che sono riveduti e formulati in termini geometrici rigorosi. Vale quindi la pena dedicare qualche altra veloce riflessione sull'argomento.

Ritengo per esempio assai significativo ed anche sintomatico che il matematico pesarese nel problema immediatamente successivo (libro II, proposizione XXI) illustri il modo per trovare la figura prospettica del triangolo facendo uso di due punti di concorso laterali o di distanza (si vedano le Figure 8.4 e 8.5) (Monte 1600, 91–93).

Si tratta del metodo cosiddetto bifocale e comunemente considerato in contrapposizione con il modo albertiano. Fu soprattutto la critica di matrice storico-artistica che nella seconda metà del Novecento ritenne di poter annettere casi particolari di formule disegnative accertate innanzitutto in opere figurative del Trecento italiano, ma poi diffusesi anche oltralpe, ad applicazioni del metodo con punti marginali, a cui si attagliava l'uso di espressioni di comodo come "prassi di bottega" oppure "tradizione artigianale," dato il carattere empirico attribuito alle procedure.

[11] Federico Amodeo osservava che "Guido Ubaldo del Monte ha il gran merito di aver generalizzata la 2^a regola di Vignola a due qualunque punti della linea d'orizzonte" (Amodeo 1932, 149).

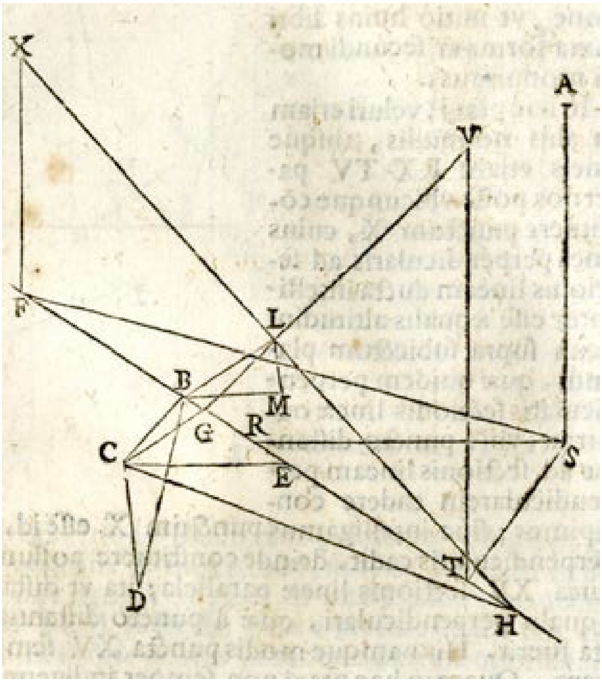


Figura 8.4: *Decimussextus modus* (foto Biblioteca Oliveriana, Pesaro)

La premessa di una siffatta interpretazione è da individuare nella suggestione esercitata in particolare dopo il ‘50, nella seconda fase della sua influenza, dal saggio *La prospettiva come “forma simbolica”* di Erwin Panofsky (1892–1968) (Panofsky 1927). Oltre allo stimolante allargamento del concetto di prospettiva, la novità dell’indagine dello studioso tedesco consisteva soprattutto nel presunto riconoscimento di una fondamentale discrepanza tra prospettiva e realtà ottica. Da questo postulato discendeva, infatti, l’esplicita dichiarazione che esiste un’innegabile contraddizione tra la costruzione prospettica e l’effettiva immagine visiva.

Consapevoli sviluppi applicativi delle tesi panofskiane possono essere considerati i tentativi irrisolti di ricondurre il procedimento con due punti laterali, o metodo bifocale, ad un sistema fondato su principi e criteri diversi e alternativi rispetto a quelli della prospettiva ufficiale, in grado di tener conto e implicare nella costruzione fattori considerati non evitabili come la visione binoculare o la

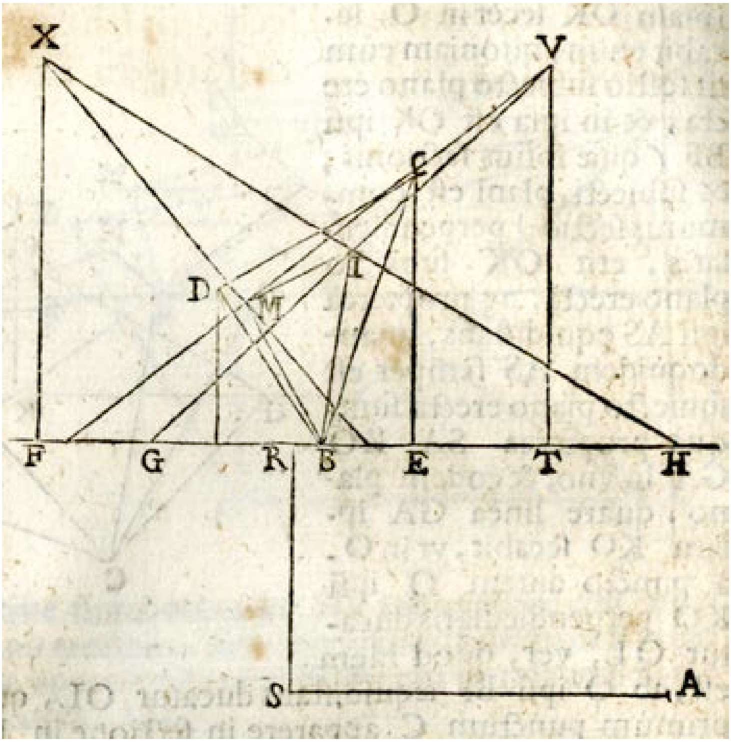


Figura 8.5: *Decimussextus modus. Praxis* (foto Biblioteca Oliveriana, Pesaro)

rotazione dell'occhio oppure la visione nel tempo.[12] Si distingue così una linea laterale nello svolgimento della prospettiva, che culmina negli esiti sperimentali e antidogmatici di Lorenzo Ghiberti e di Paolo Uccello, volti a mediare e a conciliare gli intenti nuovi e la tradizione medievale.

Su questi presupposti è ovvio che seguissero valutazioni antitetiche di due diverse tendenze: l'una interessata al modo speculativo e astratto della prospettiva artificiale, l'altra legata a differenti schemi anche empirici e più approssimati, ma volti a rendere comunque in maniera duttile e aperta i caratteri della visualità naturale. Nel clima culturale dell'epoca la prima, per la sua natura esclusiva, veniva re-

[12] Pur con sfumature diverse seguono la stessa impostazione critica gli studi di John White, Alessandro Parronchi, Robert Klein, Liliane Brion-Guerry. Si veda il resoconto di Marisa Dalai Emiliani (Dalai Emiliani 1968).

putata angustamente conservatrice e quindi retriva, la seconda invece, eterodossa e più libera, era considerata innovativa e perciò moderna e progressista.

L'analisi oggettiva e il confronto di entrambe le costruzioni affiancate—il metodo con punto di distanza di matrice pierfrancescana e il metodo bifocale—che Guidobaldo del Monte ha condotto ricostruendone in ogni fase e in tutte le parti la dinamica interna, dimostrano in modo inequivocabile l'assoluta identità tanto dei principi teorici quanto della procedura genetica (Figure 8.6–8.9 e 8.10–8.13).

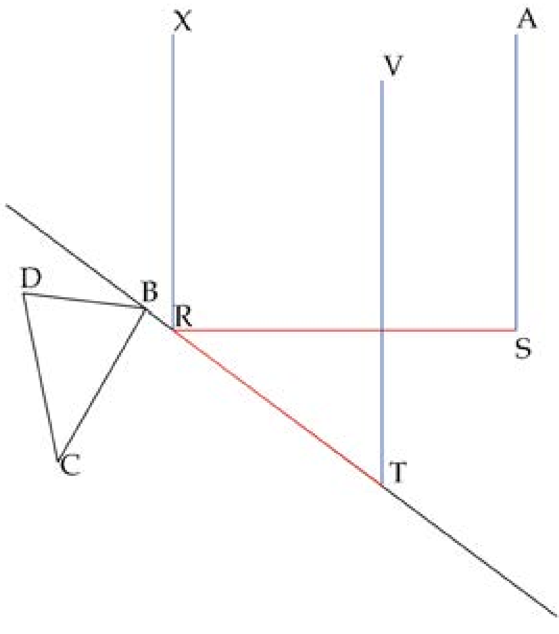


Figura 8.6: La successione delle fasi costruttive nel modo decimoquinto (v. anche Figure 8.7–8. 9, disegni di Filippo Parroni). SA = RX = TV. SR è perpendicolare a BT e RT = RS.

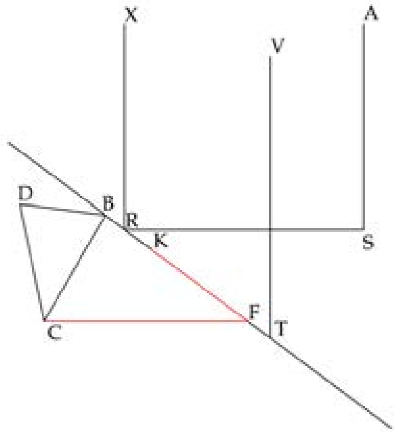


Figura 8.7: La successione delle fasi costruttive nel modo decimoquinto. Allo stesso modo CF è perpendicolare a BT e FK = FC.

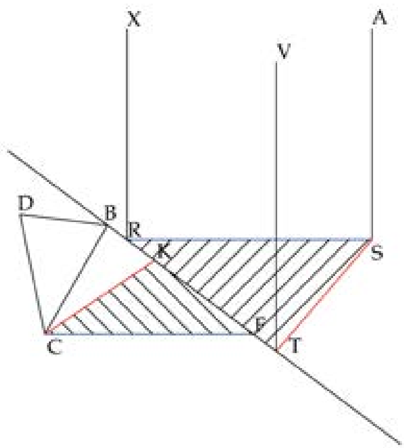


Figura 8.8: La successione delle fasi costruttive nel modo decimoquinto. I triangoli SRT e CFK sono quindi isosceli. Consegue che ST è parallela a KC e SR a CF.

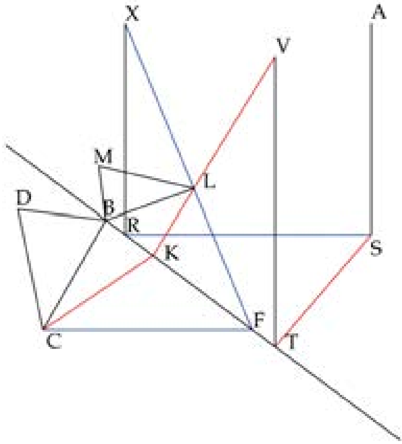


Figura 8.9: La successione delle fasi costruttive nel modo decimoquinto. Essendo i punti X al centro e V di fianco i punti di concorso rispettivamente delle rette CF e KC, il punto C, comune ad entrambe, appare in L, ove s'intersecano le prospettive delle rette date, concorrenti nei punti principale e di distanza.

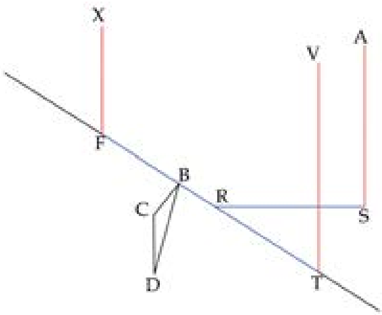


Figura 8.10: La successione delle fasi costruttive nel modo decimosesto (v. anche Figure 8.11–8.13; disegni di Filippo Parroni). SR è perpendicolare a TF. SR = RF = RT. FX = TV = AS.

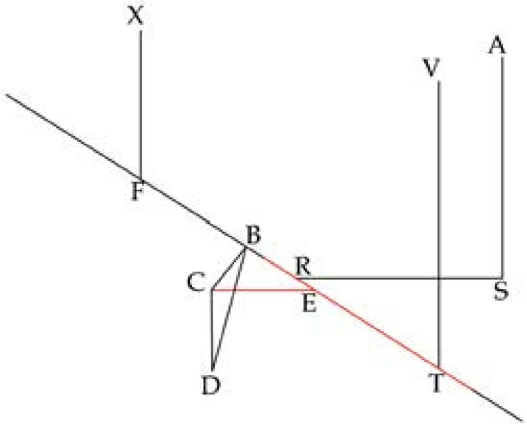


Figura 8.11: La successione delle fasi costruttive nel modo decimosesto. CE è perpendicolare a TF.

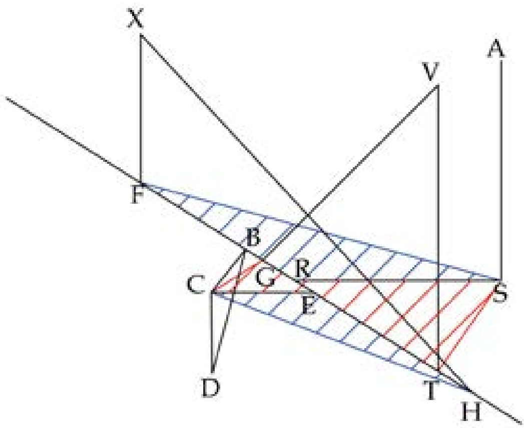


Figura 8.12: La successione delle fasi costruttive nel modo decimosesto. Si formano così quattro triangoli isosceli. Consegue che ST è parallela a CG e SF a HC.

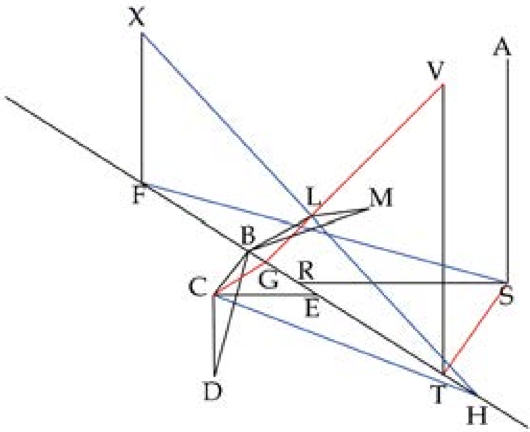


Figura 8.13: La successione delle fasi costruttive nel modo decimosesto. Essendo i punti V e X nel quadro i punti di concorso rispettivamente delle rette CG e HC, il punto C, comune ad entrambe, appare in L, ove s'intersecano le prospettive delle rette date, concorrenti nei due punti laterali.

Anziché a istanze incompatibili o a indirizzi in sé autonomi e persino reciprocamente alternativi, ci troviamo dinanzi a due delle tante possibili variazioni all'interno del medesimo sistema. Così come innumerabili possono essere le scelte stilistiche particolari e individuali dei singoli artisti.

4. Nel precedente convegno urbinate mi ero impegnato a indagare sulla formazione di alcuni concetti fondamentali dell'istituzione prospettica e sulla loro graduale evoluzione negli scritti teorici di Leon Battista Alberti e di Piero della Francesca (Marconi 2009). In particolare, attraverso l'osservazione minuta e il confronto paziente dei diversi procedimenti di costruzione in prospettiva di un quadrato orizzontale visto di fronte, avevo potuto riconoscere il rapporto di derivazione genetica che li distingue e seguire lo svolgimento naturale e spontaneo che conduce lungo un corso evolutivo lineare e senza scosse proprio al metodo di Piero della Francesca, poi generalmente denominato punto di distanza, perché si avvale di due punti alti quanto l'occhio, l'uno centrale e l'altro laterale, e il cui intervallo corrisponde alla distanza di osservazione.

Quindi, l'artificio tecnico si fonda su due elementi reciprocamente funzionali e anche in correlazione allo sguardo di chi vede la prospettiva: il punto ove la perpendicolare dall'occhio incontra il quadro o che "il razzo centrico ferisce" (Alberti 1973, 20), secondo la felice e dinamica espressione albertiana, e un secondo punto collocato all'altezza del primo e di lato, in modo che sulla superficie piana in cui l'operatore disegna l'intervallo tra l'uno e l'altro sia uguale alla dimensione dello stesso "razzo centrico" e quindi corrisponda alla distanza dell'osservatore nello spazio.

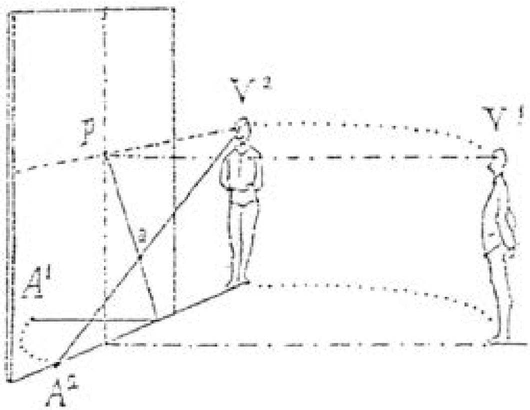


Figura 8.14: Alberto Maso Gilli, Ricostruzione del procedimento con punto di distanza.

Ora, con ammirevole sintesi e economia di passaggi grafici, Piero della Francesca si limita a congiungere O con C per ottenere nell'intersezione L con AB il vertice posteriore sinistro della prospettiva di un quadrato giacente sul geometrale e col lato anteriore sovrapposto alla fondamentale. Individuato così questo dato basilare, per completare la rappresentazione della figura assegnata basta che egli delinei il suo lato posteriore, ossia la parallela alla fondamentale condotta da L all'intersezione M con AC (Figura 8.1).

Immediatamente dopo la prima edizione del trattato *De prospectiva pingendi* nel 1899 (Piero 1899), si formò e si sviluppò nel tempo un'autorevole linea critica (Giulio Pittarelli, Giusta Nicco Fasola, Tullio Viola, Decio Gioseffi) che riconobbe a Piero della Francesca l'impiego del punto di distanza, nonostante l'opinione non concorde ed univoca degli studiosi sull'argomento. È fuori di dubbio che Piero fu assai breve e avaro di giustificazioni teoriche. Proprio Decio Gioseffi (1919–2007) nel suo fondamentale *Perspectiva artificialis* aveva osservato che taluni aspetti notevoli non risultavano affatto con evidenza: "[non è chiaro] perché mai BL debba rappresentare una grandezza pari a BC."[13] Ritenni che l'obiezione del Gioseffi potesse essere superata solo attraverso una visualizzazione grafica che offrisse l'effettiva dinamica interna dell'intero meccanismo. In questa circostanza, per il procedere di Piero così secco e succinto, fasi e fattori pur intrinseci al procedimento si desumono per via indiretta invece di presentarsi in modo distinto. Tuttavia l'asserto è preciso e il non detto è non meno significativo del detto. Per di più, a favorire l'integrazione del senso viene in aiuto il riferimento a una tappa rilevante, ma ignorata, della fortuna storica del metodo che Piero della Francesca menziona con arte sapiente. Del resto, anche la costruzione prospettica è, al pari di ogni struttura, come si suol dire un "sistema vincolato rigido," tale che un mutamento apportato a un componente comporta un mutamento anche negli altri componenti. Si trattava perciò in particolare di far venire in luce che al ribaltamento del centro di vista sul quadro deve seguire e corrispondere il movimento inverso e complementare del punto che si vuole in prospettiva, affinché possa essere ugualmente guardato dal mutato punto di osservazione.

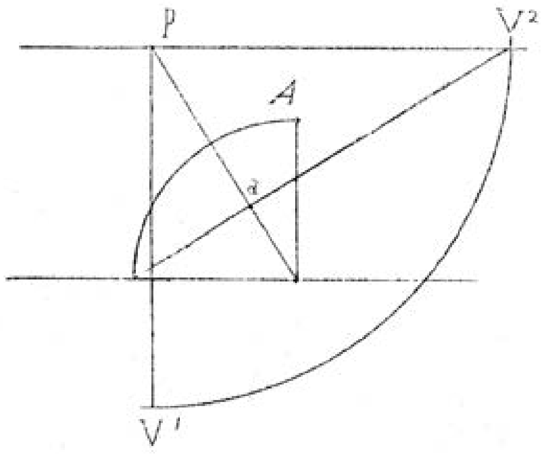


Figura 8.15: Alberto Maso Gilli, Dimostrazione geometrica del metodo con punto di distanza.

Giunsi a riconoscere l'esatta coordinazione degli elementi nelle varie fasi che scandiscono il procedimento in un disegno anche figurato e nella relativa dimostrazione geometrica (si vedano le due Figure 8.14 e 8.15), che in verità non

[13] Cfr. (Gioseffi 1957b, 87; ora in Gioseffi 1994, 101–102).

si riferiscono specificamente al testo pierfrancescano, ma tuttavia lo implicano in modo decisivo (Figura 8.16).

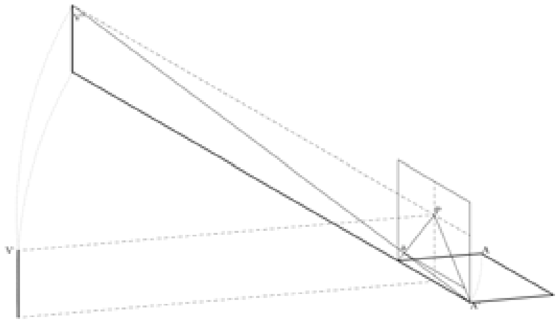


Figura 8.16: La correlazione degli elementi nel congegno prospettico pierfrancescano. Dalla proposizione XXIII del libro primo (disegno di Filippo Parroni).

Li ricavai da uno scritto che è un'autonoma e documentata riflessione rivolta proprio al significato e all'uso del termine "punto di distanza," steso da un autore di diversa epoca, formazione e atmosfera culturale: il pittore e incisore piemontese Alberto Maso Gilli (1840–1894) (Gilli 1887, 12–20). Uno studio che dimostra un'alta competenza tecnica e un'articolata consapevolezza storica con riferimenti che spaziano da Jacopo Vignola a Guidobaldo del Monte, da Nicolas Baytaz (Baytaz 1644) a Charles Bourgoin (Bourgoin 1661).

Ritengo che non ci fosse da parte sua una predilezione del secondo gruppo sul primo, anche se al quadro mentale di un torinese e vicino ai Savoia s'imponeva l'influsso diretto della più recente scuola prospettica transalpina. È plausibile che il dominio di un così vasto svolgimento storico, che comportava il rapporto con la tradizione tanto rinascimentale italiana, quanto seicentesca francese, fosse per alcuni aspetti mediata attraverso la conoscenza approfondita della fondamentale *Histoire de la perspective ancienne et moderne* di Noël-Germinal Poudra (1794–1894), pubblicata nel 1864, la prima e ancor oggi altamente esemplare per l'esame critico d'un gran numero di opere e per la descrizione tecnica dei procedimenti esposti. È certo che attraverso le transizioni nette e incisive da esempio a esempio, in cui è pur assente la voce autorevole di Piero della Francesca, non tanto appare l'intento filologico di uno studioso o critico di professione, quanto traspare bene lo scrupolo tecnico di un artista dalla preparazione non comune che indaga a fondo e s'interroga sulle possibilità e i limiti di una prestigiosa disciplina in coincidenza approssimativa con l'inizio del suo progressivo declino.

Nella pluralità di accostamenti e sullo sfondo dell'ascendenza prospettica francese manca appunto il riferimento diretto alle fondamentali proposizioni pierfrancescane. Nelle tavole sinottiche che corredano il saggio, infatti, Gilli riconduce a Piero della Francesca esclusivamente la regola che l'artista applica per ricavare la prospettiva di oggetti e di figure dalla doppia rappresentazione in proiezione ortogonale. D'altra parte, il testo prospettico, di cui Guglielmo Libri (1803–1896) aveva fatto un compendio nel 1841 (Libri 1838-1841, IV, appendice III) era allora poco conosciuto, ad eccezione di alcuni esponenti della cultura tedesca (Hubert Janitschek, Camillo Sitte). Così si spiega il fatto che nel suo manuale del 1864 Poudra, pur rammaricandosi di non averlo potuto esaminare, ebbe la premura d'informare che il trattato ancora esisteva: "il était dernièrement à Paris dans les mains de M. Ravaisson," nonostante eminenti esperti della disciplina (Joseph Priestley, Theodore Henry Fielding) lo avessero considerato perduto (Poudra 1864, 119–124).

In compenso, diffusi sono i passaggi e numerose le esemplificazioni grafiche che tengono conto dei *Perspectivae libri sex* di Guidobaldo del Monte. Di fatto, non ho motivo di dubitare che il pittore Gilli si avvicinasse all'arduo testo del marchese Bourbon del Monte prendendo a prestito lo sguardo del Poudra, che una ventina di anni prima aveva attuato una mirabile sintesi, ancor oggi attuale, in cui sono concentrati i caratteri essenziali dell'intera opera prospettica (Poudra 1864, 185–213). E che in particolare si soffermasse sull'ultima parte, ove lo studioso francese si riservò di descrivere a uno a uno i ventitré metodi diversi proposti da Guidobaldo nel secondo libro per corredare di numerosi esempi, potenzialmente infiniti, la proposta teorica dei punti di concorso elaborata nel primo (Poudra 1864, 202–213). Non gli poté così passare inosservato che, nel suo commento al quindicesimo caso particolare (libro II, proposizione XX), Poudra aveva aggiunto il seguente passo acuto e indicativo: "Ceci est la méthode ancienne des points de distance" (Poudra 1864, 209 e tav. 5, fig. 27).

La stessa dimostrazione divenne il motivo ispiratore dello studio che egli dedicò al concetto di "punto della distanza." In tale maniera, attraverso l'apporto del Poudra, riattinse la sostanza sensibile delle proposizioni di Guidobaldo e giunse inconsapevolmente a offrire la chiave per ricostruire la dinamica interna del lontano ascendente pierfrancescano, coordinando in un'unica immagine l'insieme dei momenti successivi del procedimento grafico, laddove Piero ne aveva rappresentato solo una parte. Nella tarda e colta ripresa di un principio basilare del congegno prospettico, dimostra di appropriarsene in particolare quando si cimentò a dare conveniente forma visiva e immediata riconoscibilità a distinzioni verbali altrimenti non in tutto perspicue come "point de distance réel" e "point de distance supposé ou transporté," formulate da padre Bourgoin in *La perspective affranchie* più di due secoli addietro (Bourgoin 1661, 7).

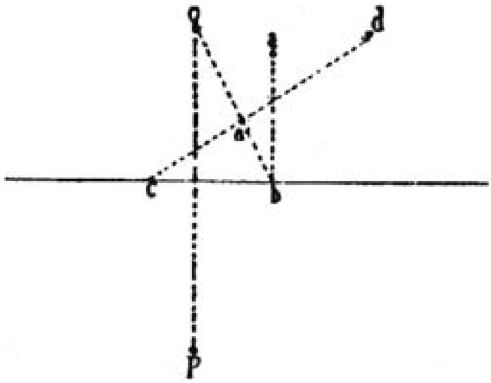


Figura 8.17: I. La distanza tra il punto *p* e il quadro sia trasportata dalla pianta sull'orizzonte di fianco al punto *o* (*od*). II. Dal punto dato *a* si conduca la perpendicolare alla linea di terra. III. Si prenda *bc* = *ba*. IV. Si congiunga *c* con *d* e *b* con *o*; l'intersezione delle due rette è la prospettiva del punto dato. Da Nöel-Germinal Poudra, *Histoire de la perspective*, Fig. 27, quindicesimo metodo di Guidobaldo.

Dall'altro canto, il fatto che la duplice presentazione grafica del medesimo assunto sia quella stessa di Guidobaldo pone Alberto Maso Gilli sulla linea indicata dal matematico pesarese e ne rafforza il rapporto di derivazione. A causa del prevalente intento descrittivo l'artista tramuta la prima esemplificazione in un'immagine figurativa del complesso congegno. Conferita forma corporea al riguardante, attraverso l'originale sdoppiamento gli assegna due diverse posizioni nello spazio, corrispondenti a momenti successivi nel tempo. Le linee punteggiate suggeriscono il movimento combinato delle parti al di qua e al di là del quadro, il quale è altrettanto spaziale che temporale, indicando il passaggio come da un luogo a un altro, così da una fase a un'altra. Ne deriva un'interpretazione visivamente efficace, ma che omette la geometria intrinseca della struttura, delegata per intero al grafico che segue. La sua dimostrazione geometrica appartiene di certo alla linea Guidobaldo-Poudra e ne costituisce la versione divulgativa, pur avendo introdotto la variante del perno intorno a cui gira il quadro, che non è più la linea di terra, ma l'orizzonte.

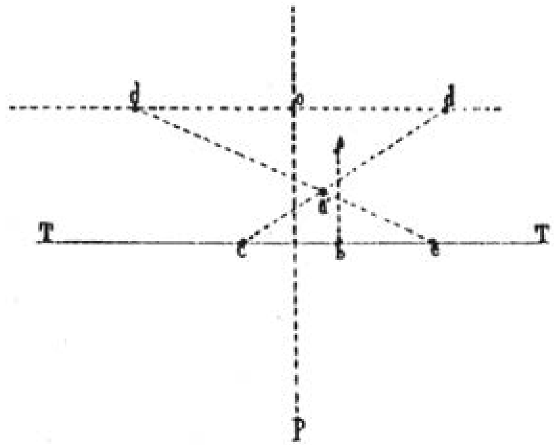


Figura 8.18: I. Siano i due segmenti *od*, a destra e a sinistra del punto principale, eguali alla distanza tra il punto *p* e la retta *TT*. II. Si abbassi dal punto dato *a* la perpendicolare alla retta *TT*. III. Alla sinistra e alla destra del punto *b* si fissino due punti in modo che *bc* = *be* = *ab*. IV. Si congiungano *c* ed *e* con i punti *d*; l'intersezione di queste due rette è l'immagine in prospettiva del punto dato. Da Nöel-Germinal Poudra, *Histoire de la perspective*, Fig. 28, sedicesimo metodo di Guidobaldo.

5. Nel secondo dei *Perspectivae libri sex* ciascun metodo operativo per rappresentare sul quadro la prospettiva di una figura piana è sempre espresso con due distinte formulazioni: la prima di carattere più astratto, a cui Poudra attribuisce appunto il nome di "théorique," la seconda con valenza applicativa che già Guidobaldo aveva chiamato con il termine "praxis."

La seconda formulazione attirò l'attenzione specifica degli studiosi e innanzitutto del Poudra, tanto che ad essa si rifece integralmente nello studio analitico che dedicò agli esempi prodotti da Guidobaldo.

Indagando il processo costruttivo nella sua forma interna, egli ne abbreviò la successione delle fasi col mutare l'oggetto della prospettiva, che dalla figura triangolare divenne il singolo punto A (Figure 8.17 e 8.18).

Poté così tracciare un minor numero di linee e guadagnare in chiarezza col procedere ancor più concentrato e spedito. Quindi, la riduzione operata a partire dal testo geometrico diveniva interpretazione stessa dei suoi contenuti concettuali.

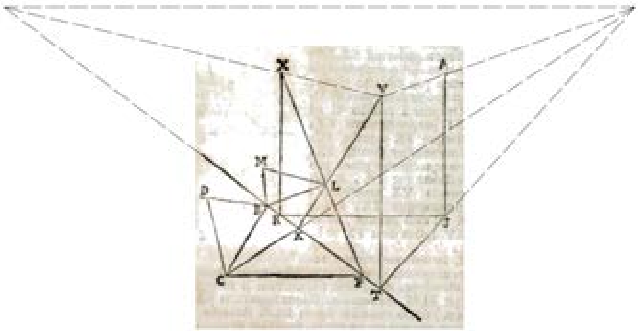


Figura 8.19: La dimostrazione di Guidobaldo è una veduta in prospettiva di una costruzione prospettica ripresa dall'alto, di lato e a distanza (schema grafico di Filippo Parroni).

In sostanza l'artificio geometrico proposto da Guidobaldo si fonda sul ribaltamento del quadro sul piano orizzontale, assumendo come perno la linea di terra, così da presentare in vera e propria sovrapposizione sia la figura reale sia la figura apparente (Figure 8.3 e 8.5). L'una e l'altra sono gli estremi di un percorso visivo che la descrizione verbale e l'azione grafica seguono nella complessa serie di fasi e di movimenti successivi nel tempo. Nell'immagine la fissità ingenera il senso della temporalità e diviene dinamismo.

Per quanto mi consta, non sembra essere stata considerata davvero mai l'elaborazione teorica delle ventitré diverse modalità prospettiche. In ogni caso le costruzioni hanno notevole rilevanza teorica, nonché singolarità storica. Sono rappresentazioni in prospettiva del procedimento di costruzione prospettica (Figure 8.19 e 8.20), che mostrano forti analogie con il motivo dello spettacolo nello spettacolo nel teatro barocco.

La pittura, arte per eccellenza della rappresentazione visiva, osserva se stessa, si interroga sulla propria natura e indaga sul proprio funzionamento su basi rigorosamente geometriche. E la geometria sta alla pittura, come la retorica sta alla letteratura.

La tecnica della prospettiva costituisce una via d'accesso e al tempo stesso serve ad una verifica della meccanica dell'inganno visivo; è destinata in sostanza a svelarne retrospettivamente sia la natura illusoria, sia l'interno rigore strutturale.

In pittura, attraverso il congegno prospettico, l'imitazione si risolve nella propria perfezione ultima e assoluta ovvero nell'integrale coincidenza ottica con

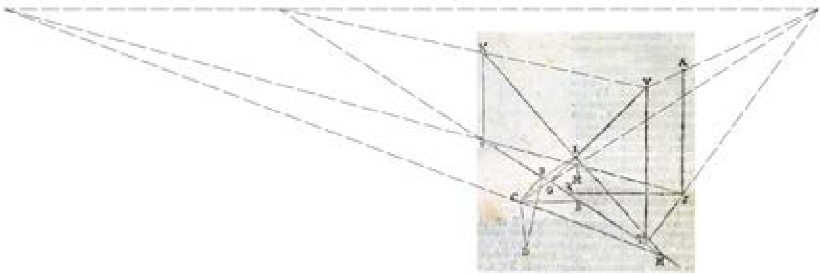


Figura 8.20: La dimostrazione di Guidobaldo è una veduta in prospettiva di una costruzione prospettica ripresa dall'alto, a distanza ravvicinata e secondo due punti accidentali (schema grafico di Filippo Parroni).

l'oggetto imitato. La finzione appare realtà, ma la nuova apparente verità, se si attua il disvelamento e la messa a nudo dell'ingranaggio che realizza la piena illusione, lascia ancora il posto alla finzione, si rivela subito come realtà fittizia.

Riferimenti

Alberti, L. B. (1973). De pictura. In: *Opere volgari*. III. Bari: Laterza, 7–107.

Amodeo, F. (1932). Il primo sviluppo scientifico della prospettiva atrofizzò lo sviluppo della descrittiva. *Atti dell'Accademia Pontaniana* LXII:105–149.

Baytaz, N. (1644). *Abbreviations des plus difficiles operations de perspective pratique*. Annecy: par André Leyat.

Bourgoin, C. (1661). *La perspective affranchie*. Paris: chez Jollain.

Dalai Emiliani, M. (1968). La questione della prospettiva 1960-1968. *L'Arte* I: 96–105.

Gilli, A. M. (1887). *Difesa di una figura di prospettiva che si trova nel libro di Serlio L'Architettura. Dimostrazioni sul punto detto di distanza e raffronti prospettici*. Roma: Ippolito Sciolla.

Gioseffi, D. (1957a). Complementi di prospettiva, 1. *Critica d'arte* 24:468–488.

— (1957b). *Perspectiva artificialis. Per la storia della prospettiva, spigolature e appunti*. Trieste: Tip. Smolars.

— (1994). Scritti di decio Gioseffi sulla prospettiva. *Arte in Friuli-Arte a Trieste* 14.

Libri, G. (1838-1841). *Histoire des sciences mathématiques en Italie depuis la renaissance des lettres jusqu'à la fin du dix-septième siècle*. Paris: Renouard.

Longhi, R. (1914). Piero dei Franceschi e lo sviluppo della pittura veneziana. *L'Arte* XVII.

— (1961). *Opere complete di Roberto Longhi*. 1. Firenze: Sansoni.

Maltese, C. (1974). Architettura "ficta" 1472 circa. In: *Studi bramanteschi*. Roma: De Luca, 283–292.

Marconi, S. (2009). Anatomia di due disegni pierfrancescani. In: *L'arte della matematica nella prospettiva, Atti del Convegno Internazionale di Studi (Roma-Urbino, 8-11 ottobre 2006)*. Foligno: C.B. Cartei & Bianchi, 313–323, 439–446.

Monte, Guidobaldo del (1600). *Perspectivae libri sex*. Pesaro: Girolamo Concordia.

Moreno, P. (1987). *Pittura greca. Da Polignoto ad Apelle*. Milano: Arnoldo Mondadori.

Panofsky, E. (1927). Die Perspektive als 'symbolische Form'. In: *Vorträge der Bibliothek Warburg 1924-1925*. Ed. by F. Saxl. Leipzig-Berlin: B.G. Teubner, 258–330.

Piero, della Francesca (1899). *Petrus Pictor Burgensis. De prospectiva pingendi*. Strassburg: Heitz.

— (1942). *De prospectiva pingendi*. Ed. by G. Nicco Fasola. Vol. 1. Firenze: Sansoni.

Poudra, N. G. (1864). *Histoire de la perspective ancienne et moderne*. Paris: J. Corréard.

Sinisgalli, R. (1984). *I sei libri della prospettiva di Guidobaldo dei marchesi Del Monte dal latino tradotti, interpretati e commentati da Rocco Sinisgalli*. Roma: L'Erma di Bretschneider.

Vignola, J. Barozzi da (1583). *Le due regole della prospettiva pratica di M. Iacomo Barozzi da Vignola, con i comentarij del R.P.M. Egnatio Danti dell'ordine de predicatori, matematico dello studio di Bologna*. Roma: Francesco Zannetti.

Chapter 9
La nuova teoria prospettica nei *Perspectivae libri sex*: il primato dell'architettura e della pittura nell'opera di Guidobaldo del Monte e in particolare nel *De scenis*

Livia Tiriticco

1. "Architecturam, atque picturam reliquas omnes anteire artes, qu(a)e citra manuum usum sola ingeniorum applicatione, atque solertia, quod intendunt, moliri, ac perficere nequeunt (quae propterea Mechanicae appellantur) nemini certe egregia earum opera consideranti, ambigendum censeo."[1]

Così Guidobaldo del Monte apre la sua opera *Perspectivae Libri Sex* pubblicata a Pesaro nell'anno 1600, data di certo importante al fine di scandire un passaggio fondamentale nella storia della prospettiva.

L'autore in questo modo ritiene di dover affermare che non si possa mettere in discussione quanto l'architettura e la pittura, "considerando i loro mirabili prodotti, siano da anteporsi a tutte le altre arti, le quali, oltre all'impiego delle mani, non possono realizzare e portare a compimento ciò che si intende fare con il solo impegnativo ricorso all'intelligenza."[2]

In questa frase vi è tutto il consolidamento e l'affermazione del concetto rinascimentale in cui, dal piano delle *artes mechanicae* attraverso "la prospettiva geometrica, la posizione dell'architettura insieme alla pittura viene elevata al rango di *artes liberales*."[3]

Questo fu possibile grazie al recupero e allo sviluppo degli studi scientifici con i quali avvenne "la riconquista della prospettiva," nella sua nuova accezione semantica nel primo Rinascimento, "fondata […] sulla scienza geometrica, così grandemente apprezzata e studiata."

---

[1] Cfr. (Monte 1600).

[2] Traduzione italiana in (Sinisgalli 1984) con la riproduzione dell'edizione originale.

[3] Cfr. (Sinisgalli 1984, libro I, in particolare nota 1): "Agli inizi del XV secolo vivevano in questa città [Firenze] strette caste di operatori nelle *artes mechanicae* [quelle arti, cioè che sono praticate con l'uso delle mani e poco remunerate] e nelle *artes liberales* [il cui esercizio avviene con l'utilizzo dell'intelletto]. Le *artes liberales* erano divise in *artes sermocinales* (grammatica, retorica, dialettica) e in *artes reales* (aritmetica, geometria, astronomia, musica)."

2. Per introdurre il discorso sulla originalità e l'importanza del contributo di Guidobaldo del Monte nella storia della prospettiva nella sua nuova risemantizzazione, nella veste umanistico-rinascimentale, è bene ricordare in particolare che gli autori protagonisti della cosiddetta rinascita della prospettiva, relativamente al nostro argomento, sono Filippo Brunelleschi(1377–1446) e Leon Battista Alberti (1404–1472). Il primo, inventore della prospettiva geometrica (detta anche lineare), ebbe il merito di aspirare all'esatto valore dello spazio, delle distanze, degli effetti visivi attraverso le linee, le superfici e i volumi. Lo stesso Vasari aveva riconosciuto il merito e il valore di questi studi, quando affermava che "fu cosa veramente ingegnosissima et utile all'arte del disegno" l'aver reso "la prospettiva […] giusta et perfetta […] per via dell'intersegatione"[4] e tramite la pianta e l'alzato, il cui concetto è la sostanza fondamentale del significato della "costruzione legittima."

A questo proposito Rocco Sinisgalli ha osservato che nel "sistema inventato dal Brunelleschi, […] la sua costruzione, detta *legittima* per la semplicità della sua conoscenza scientifica, esigeva il confronto costante tra pianta ed alzato e la necessità di procedere al disegno dell'immagine punto per punto;" dunque, "dato l'osservatore e il quadro veniva stabilita la prospettiva dell'oggetto come rappresentazione utile, se non necessaria, [...] tramite l'ausilio dei due strumenti tipici dell'architettura: la pianta e il prospetto." L'autore ha osservato anche che "l'efficacia dell'operazione di proiezione e di sezione si è sempre dimostrata valida sotto il punto di vista geometrico e proiettivo."[5]

"La prospettiva diventava, di conseguenza, per le arti un sistema matematico e geometrico, sufficiente alla misurazione determinata ed esatta dello spazio; [...] anche se sviluppi intuitivi e pratiche artigianali erano già in uso presso le botteghe degli artisti."[6] Dobbiamo invece a Leon Battista Alberti il merito di aver raccolto in alcune sue opere il pensiero del suo maestro insieme alle sue personali esemplificazioni con il metodo della costruzione abbreviata, non avendo Brunelleschi

[4]Giorgio Vasari, *Vita di Filippo di Ser Brunellesco*, in (Vasari 1550).

[5]Per una lettura approfondita rimando al testo qui citato, in riferimento alle varie discussioni circa le massime tesi sulla prospettiva degli antichi, cfr. (Sinisgalli 2001, 82 sgg.), in particolare la nota 1 p. 135, in cui vengono indicate le opere di Ervin Panofsky e Decio Gioseffi. Cfr. anche l'introduzione in (Sinisgalli 1984, 19–28).

[6]Cfr. l'introduzione in (Sinisgalli 1984, 19–28): era in uso nel Rinascimento un "mezzo prospettico particolarmente rigoroso" che confermava "la costruzione [...] e che permetteva di evitare i procedimenti di geometria apportandovi la dimostrazione pratica. Consisteva nell'intercalare, fra l'occhio dell'osservatore e l'oggetto considerato, un velo (Alberti) o un portello (Dürer) sul quale si riportava direttamente l'immagine. Tenendo fisso l'occhio dell'osservatore ogni punto dello spazio reale compreso nel campo visuale poteva essere legato ad un raggio; il velo tagliava il cono o la piramide visuale che era costituita da questo fascio di linee, e nell'intersezione di ogni retta con il velo si trovava l'immagine prospettica del punto dello spazio reale. La distanza del velo dall'occhio, in rapporto al campo visuale considerato, determinava naturalmente la dimensione del disegno stesso."

lasciato alcun documento scritto circa i suoi studi e ricerche.[7]

Due sono, dunque, le maniere di costruzione prospettica egualmente corrette, in uso nel Rinascimento:

1. la prospettiva degli architetti vera e propria che è costruita secondo il bisogno di una elevazione e di una pianta (costruzione *legittima*);
2. la prospettiva dei pittori e degli altri artisti che opera unicamente sul quadro (costruzione *abbreviata*).[8]

3. Due sono i principi fondatori che hanno ispirato la nascita del nuovo *ordo* ad opera del Brunelleschi: l'ottica euclidea e la nuova scienza prospettica, orientata alla conoscenza piena della rappresentazione del mondo sensibile, attuata con una tale sistematicità da determinare la padronanza dello spazio concreto, reale e misurabile tramite l'uso della prospettiva; il tutto unito all'aspirazione di un sapere più profondo e ad una conoscenza più certa.

In merito all'ottica, l'amore per i classici riportò in auge gli studi e le traduzioni del grande matematico greco Euclide. Questi, fiorito nel III sec. a.C., autore degli *Elementi*, testo fondamentale per la storia della matematica, scrisse un trat-

[7] "Posti gli elementi fondamentali matematici, il punto, la linea e la superficie, come elementi utili ed essenziali ai pittori, l'Alberti esamina i fenomeni visivi, ne concretizza l'idea nel triangolo visivo che ha come base la quantità vista, stabilisce la costanza di forme per figure parallele al quadro e fissa le condizioni preliminari della nuova scienza: 1) solidificazione dei raggi visuali; 2) fissità e unicità dell'occhio che egli chiama *centro*; 3) immutabilità delle ombre e dei colori, cioè dell'illuminazione; 4) identificazione della pittura con l'intersegazione della piramide visiva" (Sinisgalli 2001, 83 sgg.).

[8] Per una maggior e più completa trattazione dell'argomento si rimanda al testo di Sinisgalli (1984), in particolare all'introduzione, pp. 19–28: "Naturalmente questo secondo modo di messa in prospettiva [la costruzione abbreviata] poteva essere integrato dal primo con l'ausilio dello scorciamento a parte della sola scacchiera di base. Poi si suddivideva, in genere, il bordo inferiore del quadro pittorico in tante parti uguali congiungendo i punti al punto principale; [un reticolo piano di base, il pavimento a braccia quadrate] mentre la distanza fra l'occhio del pittore e il quadro si riportava sull'orizzonte, all'esterno del quadro. Della costruzione legittima rimaneva la sola elevazione: disegnata una parete in verticale come se fosse una scacchiera di base, tutti i problemi di distanza, altezza e profondità erano risolti con i tratti paralleli. In ambedue le costruzioni prospettiche (legittima e abbreviata) il punto di incontro delle parallele diagonali era una semplice conseguenza, un mezzo di controllo, un dato quasi naturale che permetteva la verifica della quadrettatura. Soltanto in seguito Viator (1505) dava la soluzione dei quadrati visto d'angolo, con le diagonali convergenti in due punti accidentali, equidistanti a destra e a sinistra dal punto principale. Costruzione questa che era stata solo intuita nel primo Rinascimento, ma che fu applicata da Viator in poi per confermare più dinamicamente lo spazio (prospettiva accidentale). Tutto il ciclo artistico italiano, fino ai suoi ultimi epigoni operò nella riduzione prospettica secondo i modi che abbiamo visti." Un'operazione di controllo e di verifica viene attuata da R. Sinisgalli in (Sinisgalli 2001, p. 83 e sgg.) in cui specifica che: "Se il disegno del pavimento quadrettato è stato bene eseguito, una diagonale cha va da angolo ad angolo dei quadrati riportati verificherà l'esattezza della costruzione; essa […] non costituisce la profondità ma la controlla; infine si riporterà, per il *punto centrico*, una linea detta linea centrica, che si potrebbe considerare come il limite superiore delle altezze verticali alte quanto l'occhio dal pavimento." Per una trattazione più completa dell'argomento rimando a (Sinisgalli 2006, libro I, par. 19, 143–145).

tato sull'ottica[9] di grande importanza, ad esempio per la nozione dei raggi visuali (I postulato), per la nozione del "cono visivo" (II postulato), e in particolare per il VII postulato, in cui afferma che si giudicano uguali gli oggetti che sono visti sotto il medesimo angolo. Euclide lega indissolubilmente la comprensione dei fenomeni ottici allo studio della geometria. L'interesse dimostrato per questa opera fu tale da determinare, anche nel periodo in cui visse Guidobaldo del Monte, il protrarsi delle ricerche e delle traduzioni di testi antichi.

Difatti nel 1572 a Pesaro, Federico Commandino (1509–1575) che fu maestro di Guidobaldo, pubblica la traduzione dal greco al latino degli *Euclidis Elementorum libri XV*, seguita nel 1575 dalla traduzione in volgare; mentre nel 1573 a Firenze Padre Egnazio Danti pubblica la traduzione in volgare dell'*Ottica* di Euclide nel testo, *La prospettiva di Euclide*.[10]

I primordiali elementi dell'evoluzione e della conquista di un posto di rilievo assunto dalla scienza della prospettiva, sono stati rintracciati già nel tardo Medioevo, nelle trame dell'*Opus Majus* di Ruggero Bacone. Ho avuto occasione, nel mio contributo al convegno di Urbino tenuto nel 2006, di sostenere che:

> Con Bacone, e con gli altri studiosi della scuola universitaria di Oxford del Trecento, era stata capovolta la posizione autorevole dei modelli preminenti della cultura [del tempo] (in riferimento alle *artes sermocinales*) portati avanti dai maestri aristotelici dello *Studium* di Parigi, favorendo altresì la Matematica e con essa la Geometria e la *Perspectiva* come centro e fondamento dell'intero sapere.[11]

L'interesse, dunque, e lo studio della prospettiva e della geometria, fin dall'antichità e per tutto il Medioevo, si è incrementato, favorendo la continuità dello studio, evolvendone il piano di ricerca su basi del tutto nuove, organizzate tramite l'elaborazione di un tracciato di regole mediante l'applicazione geometrica.

Tramite le ricerche su Bacone, è stato possibile rendere chiaro quale sia stata la distanza e la differenza che intercorreva tra la *Perspectiva naturalis* del tardo Medioevo e la *Perspectiva artificialis*, seppur in presenza di alcune linee di continuità. Quest'ultima è la nostra prospettiva che, sgorgata dal Rinascimento italiano, acquista un nuovo significato e protende a rappresentare la realtà non più

---

[9]Per quanto riguarda l'*Ottica* di Euclide—12 postulati e 61 proposizioni—, qui evidenziamo: Il I postulato sulla nozione di raggio visuale, per cui i raggi che procedono dall'occhio sono linee rette (diritte); il II postulato sulla nozione di "cono visivo," in cui l'immagine compresa dai raggi visivi è un cono che ha il vertice nell'occhio e la base sui termini delle cose vedute; e in particolare il VII postulato, in cui l'autore afferma che si giudicano uguali gli oggetti che sono visti sotto il medesimo angolo.

[10](Sinisgalli 1984, libro I, in particolare nota 8; Commandino 1572; Danti 1573).

[11]Per una lettura approfondita rimando al mio intervento (Tiriticco 2009).

in senso naturalistico, bensì in senso costruttivo.[12] Come abbiamo ricordato, tale prospettiva geometrica sarà sviluppata e perfezionata negli studi del Brunelleschi e di Leon Battista Alberti.[13]

Qui ci soffermeremo esclusivamente sul processo evolutivo della *Perspectiva artificialis* che viene intesa "come naturale esigenza di rigore logico nell'esplorazione geometrica dello spazio euclideo. Il tratto reale che la contraddistinse si basava sul principio elementare, matematico-geometrico, di proiezione dell'oggetto da un punto su una superficie piana."[14]

Nel presente contributo intendo evidenziare quelli che sono, in breve, i punti fondamentali del processo evolutivo dello studio della prospettiva, richiamando i suoi deboli, seppur importanti primordi. Si tratta di collocare finalmente l'opera di Guidobaldo del Monte in questo processo evolutivo, dal momento che Guidobaldo ha raccolto l'eredità della rinascita della prospettiva e con essa della geometria, nella sua nuova valenza semantica, l'ha consolidata, e ne ha teorizzato i percorsi, traghettandola nel nuovo secolo, il 1600.

4. Nell'ambito dello sviluppo dell'architettura del primo Rinascimento (dal secondo decennio del sec. XV fino alla fine del sec. XV), la città di Urbino assunse un ruolo importante, per la presenza dello studio delle linee e della struttura architettonica del nuovo *ordo*, grazie al volere di Federico da Montefeltro, che fu prima conte e poi duca di Urbino. Questi volle che il Palazzo ducale divenisse l'emblema significativo di questo nuovo linguaggio urbanistico ed architettonico, fondamentalmente umanistico ed albertiano. Questo nuovo linguaggio si diffuse dalla città di Firenze e giunse a soddisfare i gusti dei principi, affermandosi nelle signorie.[15]

Nella cornice, e soprattutto nella tradizione, di questa corte che vedeva la presenza di letterati, artisti, matematici, architetti, il grande contributo di Guidobaldo del Monte fu quello di essere il nuovo iniziatore della moderna teoria della prospettiva, con particolare riguardo alla prospettiva solida. Fino ad allora

[12] La *Perspectiva naturalis* del tardo Medioevo, era "intesa come scienza della luce e della visione, nel suo originario significato etimologico secondo il quale per perspectiva si intendeva lo studio dell'ottica, l'*optike*, il cui significato viene conservato dall'antichità fino a tutto il medioevo ed oltre" (Tiriticco 2009).

[13] La *"Perspectiva* [...] si diffonde, originata dal pensiero dell'architetto Filippo Brunelleschi, adattata secondo una costruzione oggettiva dello spazio in pittura da Masaccio e applicata ad arte." Questa *Perspectiva* troverà humus fertile "nella perfetta sintonia tra arte e matematica, nelle grandi raffigurazioni pittoriche di Piero della Francesca, passando soprattutto alla intercisione della piramide visiva secondo la visione prospettica di Leon Battista Alberti, in mirabile accordo con il pensiero del Brunelleschi" (Tiriticco 2009). Cfr. anche qui par. 2–3.

[14] Introduzione in (Sinisgalli 1984, 19–28).

[15] La parte più grande e più importante della reggia di Urbino fu costruita dall'architetto Luciano Laurana (1420 ca.–1479) a partire dal 1467. Egli fu allievo del Brunelleschi e attinse dal pensiero dell'Alberti; inoltre sviluppò il senso del classico, delle proporzioni e fu attivo ad Urbino e a Mantova, dove appunto conobbe l'Alberti (1404–1472).

la prospettiva era stata, in qualche modo, cristallizzata nelle applicazioni e nelle costruzioni fondamentali, utilizzate pienamente per tutto il Rinascimento da artisti italiani e stranieri.[16]

Spetta, dunque, a Guidobaldo il merito di aver, per primo, compreso e sviluppato in modo organico, l'intera materia della prospettiva teorica, di aver intuito e teorizzato l'unicità e l'attualità di molti argomenti fondamentali nel suo *Perspectivae Libri Sex*; opera, tra l'altro, corredata da numerose note che rimandano ai postulati di Euclide:

> Desidererei che fosse ben chiaro—afferma Guidobaldo—che l'oggetto proprio e peculiare della prospettiva non è niente affatto diverso dall'oggetto della geometria dalla quale dipende. Anzi i volumi, le superfici, le linee, i punti, analizzati dal cultore della prospettiva riguardano la natura affine e l'analisi dell'oggetto geometrico. Perché, sebbene la linea manchi di spessore e il punto di parti, pur tuttavia sosteniamo che ambedue sono visibili; [...] Infatti la prospettiva, come considera in senso matematico il volume e allo stesso modo la superficie, così anche considera la linea e il punto da un proprio punto di vista, il quale esamina tutte le cose non come nudi e puri enti geometrici, ma con qualche eccezione, affinché insegni ad esporre l'aspetto molteplice delle cose visibili; perciò tiene in considerazione e presuppone la superficie, la linea e il punto come enti visibili, non tenendo conto del colore degli oggetti, ma come i vari e diversi angoli si presentano nelle relazioni tra di loro, rispetto agli oggetti, offrendo la diversa conformazione delle cose visibili.[17]

Inoltre egli aggiunge cosa debba intendersi, a suo avviso, per figura visibile:

> La conformazione, infatti, scaturisce dai raggi visuali i quali, proprio come linee rette che balzano fuori dai confini dell'oggetto visto, raggiungono l'occhio. Qualunque cosa l'attitudine prospettica offre e pone davanti all'occhio che osserva, presenta ora una figura pira-

[16]Cfr. qui par. 6. Inoltre cfr. l'introduzione in (Sinisgalli 1984, 19–28): Si considera appartenente alla prospettiva solida "la prospettiva degli architetti, fondata sulla pianta e su di una elevazione, […] detta 'costruzione legittima,' e la prospettiva dei pittori e degli altri artisti, operata direttamente sul quadro." Inoltre "non si sottrassero a queste regole i nomi di trattatisti come Alberto Dürer, Sebastiano Serlio, Vignola-Danti, Daniele Barbaro, né il matematico Federico Commandino che pure trovò la prospettiva del cerchio nei casi in cui è rispettivamente un cerchio, una ellisse, una parabola o una iperbole; argomento che soltanto in seguito si sarebbe rivelato molto fecondo."
[17]Cfr. (Sinisgalli 1984, libro I). I riferimenti alle proposizioni degli *Elementi* di Euclide sono posti da Guidobaldo a margine del testo e sono stati riportati nelle note ragionate del testo sopra citato.

> midale, ora una figura conica, con i raggi visuali di cui è costituita e che convergono nell'organo sferico della visione.[18]

Nel primo libro Guidobaldo analizza i fondamenti prospettici, tra cui un posto importante è dato alla considerazione che "gli enti geometrici debbono essere intesi come enti visibili." Di seguito Guidobaldo "fissa gli elementi principali della prospettiva: il piano sottostante, l'occhio, l'oggetto o la figura dell'oggetto, la sezione, la linea di sezione, la figura apparente, la linea dell'altezza dell'occhio." A seguire stabilisce quali posizioni abbia l'occhio rispetto all'oggetto, o quale sia la distanza esistente tra di loro. Tra le altre importanti argomentazioni, Guidobaldo espone la "completa teoria delle rette parallele, ove si introduce per la prima volta il concetto di *punctum concursus*: il nostro punto di fuga, come punto di incontro con la sezione (quadro), inclinata o verticale, della parallela per l'occhio alla retta data." Poi Guidobaldo completa il discorso sulla prospettiva tecnica con la rappresentazione su superfici inclinate e la rappresentazione del punto, nonché la ricerca delle ombre e la risoluzione delle esigenze prospettiche legate alla scenografia teatrale, per i quali rimandiamo integralmente ai testi.[19]

5. Tra le fonti dell'architettura che hanno ispirato l'opera di Guidobaldo del Monte vi è quella di Marco Vitruvio Pollione, vissuto nel I a. C., il quale fu architetto e scrittore latino.[20] La sua opera il *De Architectura Libri Decem* ricoprì un ruolo importante nella cultura dell'Umanesimo e del Rinascimento, soprattutto quando fu rinvenuto nella sua forma integrale agli inizi del XV secolo nell'abbazia di Montecassino.

Vi sono delle interessanti comparazioni tra l'opera di Vitruvio e quella di Guidobaldo del Monte. Di queste comparazioni analizzerò di seguito solo alcuni passaggi.

Avendo una buona conoscenza dei testi antichi, Guidobaldo indirizza la lettera dedicatoria del suo *Perspectivae Libri Sex*, al cardinale di Santa Romana Chiesa, Francesco Maria del Monte, suo fratello, affermando:

> Rivoltomi […] ad indagare sul principio di quelle cose che si presentano alla vista così come appaiono, ho meditato a fondo su non poche di esse, sia dal lato speculativo che pratico: argomento […] che

[18] *Ibidem*.

[19] Cfr. (Sinisgalli 1984 e 2001, 111–115).

[20] Il *De Architectura Libri Decem* di Marco Vitruvio Pollione è un'opera in 10 libri costituita da vari argomenti, quali l'architettura, l'idraulica, la gnomonica e la meccanica, che fu dedicata dall'autore all'imperatore Augusto. Il progetto e l'intento dell'autore era quello di raccogliere il sapere e la conoscenza delle fonti antiche sugli argomenti scelti. Il *De Architectura* di Vitruvio rientrava nella politica augustea che aspirava all'abbellimento architettonico di Roma. Una scelta fortunata giacché il merito di Vitruvio fu quello di condensare in un trattato le fonti precedenti e di diventare esso stesso una fonte preziosa, quando molti testi antichi andarono perduti.

> risulterà niente affatto spiacevole, dal momento che si deve parlare principalmente delle cose esposte proprio alla vista, il più nobile e il più caro di tutti i sensi. Mi propongo così di investigare sulle cause relative agli oggetti che si presentano alla vista per essere oggetto di osservazione; materia, certamente, non di uomini comuni, né ancora fino ad ora sufficientemente chiara dal momento che su questo genere di argomento quasi niente fu divulgato dagli antichi matematici (sto parlando di quella parte della prospettiva che dai Greci è chiamata Scenografia); coloro poi fra i più recenti, che indirizzarono i loro sforzi su questo stesso argomento, non solo non hanno raggiunto dei modesti risultati, ma sembrano che non siano riusciti nemmeno a collimarli tra di loro.[21]

Il riferimento al termine *scaenographia* lo rintracciamo, probabilmente nell'unico passo noto e significativo dell'antichità pervenutoci nel *De architectura* di Vitruvio, in cui si legge che "Item scaenographia est frontis et laeterum abscendentium adumbratio ad circinique centrum omnium linearum responsus;" ossia "La *scaenographia* è il disegno (con cui si traduce l'*adumbratio* latina) della facciata e dei fianchi che si allontanano, in cui tutte le linee corrispondono al centro di un cerchio."[22]

Il richiamo a Vitruvio [23] quale fonte rintracciabile in Guidobaldo del Monte, è riconfermato nel passo in cui Guidobaldo, nella prima parte del libro I, interrogandosi sulla preminenza che spetta all'architettura e alla pittura e alla loro diretta dipendenza dalle discipline matematiche e alla prospettiva, afferma che:

> Se uno si soffermerà sui molteplici e immensi benefici che derivano alla umanità dall'architettura, non potrà non riconoscere facilmente il primato che le compete. Questa, infatti, al principio raggruppò e mantenne uniti gli uomini erranti procurando loro utilità ed agi con delle pareti ed un tetto; [...] Certamente la necessità di proteggere i

[21] Cfr. (Sinisgalli 1984, lettera dedicatoria, 35 sgg).

[22] Cfr. (Sinisgalli 2001, 15 e in particolare nota 1, 133); cfr. anche (Vitruvio 1998, I, 2, 19 sgg e le note relative a p. 31).

[23] In Vitruvio troviamo il medesimo pensiero, quando osserva, nel II libro della sua opera, che dopo una prima fase molto antica in cui gli uomini vivevano nelle foreste, nelle caverne e si nutrivano dei frutti della terra, scoprirono il fuoco grazie al quale presero a riunirsi e "vivendo insieme in uno stesso luogo gli uomini [...] cominciarono allora in quella prima forma di comunità a costruire ripari [...]. In seguito, confrontando le proprie case con quelle degli altri e aggiungendo, con le proprie idee, nuove soluzioni, migliorarono col tempo i tipi di abitazione. ciascuno vantandosi delle proprie invenzioni mostrava agli altri i propri progressi ottenuti e ottenevano risultati sempre migliori" (Vitruvio 1998, II, 1). Sullo stesso argomento si era soffermato anche Leon Battista Alberti nel suo, *De re aedificatoria*, in particolare nel prologo e nel libro I–II. Per le citazione e le indicazioni bibliografiche cfr. (Sinisgalli 1984, libro I, in particolare nota 5).

> corpi, le sostanze proprie ed altrui, sembra essere stata la fonte di tutti gli altri beni. Quindi da poveri ed angusti tuguri si passò alle casette, da queste a case più ampie, poi ai villaggi, quindi ai castelli, infine alle grandi città. Pertanto le invenzioni come le macchine e i mezzi bellici, le fortezze, i veicoli, le terme, gli acquedotti, gli archi di trionfo, i templi e tantissime altre costruzioni, atte a curare la salute o destinate al culto religioso, e di non poco vantaggio per il progresso delle future generazioni, sono conseguenti all'architettura. Così, a ragione, l'architettura, in virtù delle sue splendide e magnifiche costruzioni, diventa degna di essere esaltata ed onorata oltre ogni limite (Ut merito architectura pulcherrimo eius artificio, et magnificentia summo opere celebranda sit, atque colenda).[24]

Anche in un altro brano, ancora, Guidobaldo richiama fortemente il *De architectura* di Vitruvio, quando deve spiegare come l'architettura e la pittura devono riconoscenza alle discipline matematiche e soprattutto alla prospettiva, grazie alla loro nobiltà ed eccellenza.

Circa la pittura Guidobaldo afferma che: "Cum enim praecipuae partes, in quibus tota pictura versatur, ut a peritissimis viris traditum est, tres esse dicantur; nimirum delineatio, umbra, et colores, duabus tamen prioribus (quae quidem non nisi ex perspectiva oriuntur) tanquam proprio artis fundamento innitur." Dunque "le parti principali in cui viene suddivisa la pittura, secondo gli insegnamenti dei più illustri studiosi, risultano essere tre, e precisamente il disegno, le ombre, i colori, tuttavia soltanto alle prime due, che scaturiscono dalla prospettiva, ci si appoggia come ai pilastri fondamentali dell'arte."[25] Questo in perfetta assonanza con quanto ritroviamo in Plinio il Vecchio in merito alla suddivisione della pittura.

Circa l'architettura Guidobaldo dichiara che:

> Allo stesso modo l'architettura, avendo anch'essa delle parti peculiari, è essenzialmente costituita dalle seguenti che, in numero di sei, sono: la regola, la rappresentazione, l'armonia, la simmetria, la bellezza, la distribuzione o disposizione. Si hanno, tralascio intanto le altre, tre specie di rappresentazione: l'Icnografia che è la rappresentazione di una figura su un piano, l'Ortografia che è la rappresentazione verticale della facciata di una costruzione, la Sciografia o Scenografia "quae est frontium compositio per apparentiam linearum tanquam in unum concurrentium" che è la rappresentazione delle facciate con l'insieme delle linee che concorrono in un punto. Da questo esame

[24] Cfr. (Sinisgalli 1984, libro I).
[25] *Ibidem*, cfr. la nota 6, p. 69, in merito alla citazione circa la suddivisione della pittura che si trova in Plinio il Vecchio.

> risulta davvero ragguardevole il contributo che ciascuna di queste arti riceve dalla prospettiva, dal momento che, senza la conoscenza di questa, l'architettura e la pittura perderebbero molto della propria chiarezza e nobiltà.[26]

In questo brano Guidobaldo conferma il pensiero di Vitruvio, citandone fedelmente il testo. Vitruvio, infatti, considera nel suo *De Architectura* (I, 2) che "L'architettura consta di *ordinatio*, in greco detta *taxis*, di *dispositio*, che i Greci chiamano *diathesis*, di *eurytmnia*, di *symmetria*, di *decor* e di *distributio*, in greco detta *oikonomia*."

Lo scrittore latino aggiunge poi che: "Dispositio autem est rerum apta conlocatio elegansque compositionibusque effectus operis cum qualitate," dunque "la *dispositio* consiste nell'appropriata collocazione delle cose e nella scelta dell'effetto dell'opera, nel comporle rispetto alla qualità."

Vitruvio, infine, prosegue indicando quali siano "le forme della *dispositio*, in greco *ideai*." Tali forme sono: "l'*ichnographia* che consiste nell'uso conveniente del compasso e della riga, e con le quali si rappresentano le forme in pianta; l'*orthographia* che consiste nella rappresentazione della facciata e nel disegno proporzionato alle misure del futuro edificio; mentre per *scaenographia,* come abbiamo già detto, si intende il disegno d'insieme della facciata e dei fianchi che si allontanano in cui tutte le linee corrispondono al centro di un cerchio."[27]

---

[26] *Ibidem*.

[27] "Architectura autem constat ex ordinatione, quae graece taxis dicitur, et ex dispositione, hanc autem Greaci diatesin vocitant, et eurytmnia et symmetria et decore et distributione, quae graece oikonomia dicitur. Ordinatio est modica membrorum operis commoditas separatim universeque proportionis ad symmetriam comparatio. Haec componitur ex quantitae, quae graece posotes dicitur. Quantitas autem est modulorum ex ipsius operis e singularisque membrorum partibus sumptio universi operis conveniens effectui. Dispositio autem est rerum apta conlocatio elegansque compositionibusque effectus operis cum qualitate. Species dispositionis, quae graece dicuntur ideai, sunt haec: ichnographia est circini regulaeque modice continens [usus], e qua capiuntur formarum in solis arearum descriptiones. Orthographia autem est erecta frontis imago modiceque picta rationibus operis futura figura. Item scaenographia est frontis et laterum abscedentium adumbratio ad circinique centrum omnium linearum responsus. Hae nascuntur ex cogitatione et inventione. Cogitatio est cura studiis plena et industria vigilantiaeque effectus propositi cum voluptate. Inventio autem est quaestionum obscurarum explicatio ratioque novae rei vigore mobili reperta" (Vitruvio 1998, I, 2). Riporto per il brano la traduzione italiana curata da Franca Bossalino in (Vitruvio 1998, 43): "L'architettura consta di ordinatio, che in greco si dice [*taxis*], di *dispositio*, che i Greci chiamano [*diathesin*], di *eurytmnia*, di *symmetria*, di *decor* e di *distributio*, che in greco si dice [*oikonomia*]. L'ordinatio consiste nello stabilire la giusta misura—secondo le esigenze—delle menbrature dell'opera prese separatamente, e nel definire la proporzione dell'intera opera affinchè si abbia la *symmetria*. Si basa sull'attribuzione di una quantità che in greco si dice *posotes*. La quantità a sua volta si determina prendendo i moduli dall'opera stessa cosicchè l'effetto armonioso di tutta l'opera scaturisce dalle singole parti delle membrature. La *dispositio* consiste nella appropriata collocazione delle cose e nella scelta dell'effetto dell'opera nel comporle rispetto alla qualità. Le forme della dispositio—che in greco si dicono [*ideai*]—sono

Non ultimo Vitruvio attesta che, nella rappresentazione, queste forme della *dispositio* nascono necessariamente dal ragionamento e dall'invenzione.

6. Infine il primato dell'architettura, e contestualmente della pittura, trova il suo pieno compimento di realizzazione nel sesto e ultimo libro dell'opera di Guidobaldo, ossia nel *De Scenis*. Già nel I libro dei *Perspectivae Libri Sex*, infatti, si apprendeva che per poter "conservare nella loro condizione di dignità" le forme della *dispositio*, l'autore doveva mostrare la sua opera come una presentazione ed elaborazione organica di vari argomenti attraverso "i teoremi riguardanti gli oggetti visibili, le cose che si presentano alla nostra vista in molteplici aspetti, e [...] le cose che possono essere utili per gli scenografi."[28]

Dunque Guidobaldo, oltre a sottolineare quanto merito vada riconosciuto all'architettura e della pittura, e con loro a tutte le forme di rappresentazione collegate esclusivamente alla "prospettiva," consegna la prospettiva in mano ai matematici ed è sulla matematica che egli fonda tutta la teoria e il metodo prospettico.

Mi propongo in chiusura di trattare alcuni punti dell'ultimo libro del *Perspectivae Libri Sex,* il *De Scenis*, con particolare riguardo ad alcuni disegni molto significativi. Ritengo che in questa sede non sia possibile spiegare in modo completo come Guidobaldo abbia esposto i lineamenti della prospettiva teorica e con essi i principi fondamentali. Mi limiterò ad alcune considerazioni e interpretazioni. I disegni scelti riguardano l'applicazione dell'architettura nella prospettiva solida. Confermando il pensiero di Vitruvio, Guidobaldo sostiene che il primato dell'architettura è assoluto; a tal punto che le invenzioni e le costruzioni meccaniche si sono potute realizzare solo grazie all'utilizzo dell'architettura.[29]

Passiamo subito ai disegni:

Una ipotesi di sviluppo della piantazione scenica rinascimentale viene proposta nella Figura 9.1 tramite la realizzazione di quattro disegni in cui, in quattro fasi, si realizza l'applicazione della struttura architettonica "messa in prospettiva solida."

> Dato l'occhio e fissato un piano inclinato, che è quello sul quale si costruisce la scena e sul quale si muovono gli attori, Guidobaldo di-

queste: l'*ichnographia* consiste nell'uso conveniente del compasso e della riga, con cui si rappresentano le forme in pianta. L'*orthographia* consiste nella rappresentazione della facciata e nel disegno proporzionato alle misure del futuro edificio. La *scaenographia* è il disegno d'insieme della facciata e dei fianchi che si allontanano in cui tutte le linee "*corrispondono al centro di un cerchio* [il corsivo è di chi scrive]." Nascono dal ragionamento e dall'invenzione. Il ragionamento, cioè la ricerca fatta con passione, impegno e zelo dell'effetto che ci si è proposti di ottenere, al fine di suscitare piacere; l'invenzione cioè la spiegazione delle questioni oscure e la scoperta fatta con intelligenza pronta e versatile della ragione della nuova soluzione.

[28] Cfr. (Sinisgalli 1984, libro I).

[29] Cfr. qui par. 5 e nota 27.

mostra che questo piano è la sezione inclinata in cui appare il piano orizzontale oggettivo di pavimento.[30]

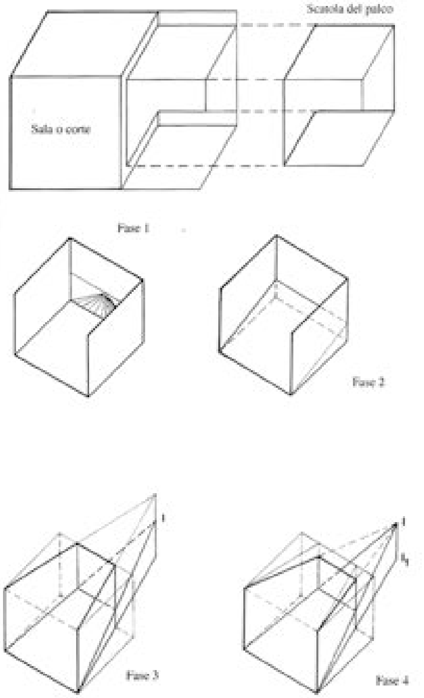


Figura 9.1: da Sinisgalli (2001, 279)

[30]Per gentile concessione del professore Rocco Sinisgalli, la Figura 9.1, presente in questo contributo, è tratta dal testo di Sinisgalli (2001, 279; 126–128): "una ipotesi del procedimento di costruzione. Fase 1. Si dipinge la tela di fondo o il muro; si codificano gli schemi in scena comica, tragica, satirica. Sono simbolici, allusivi, indicativi. Fase 2. Poiché gli attori sono sprofondati nella scatola del palco, ci si accorge che gli spettatori li osservano meglio se si innalza il piano del palco inclinandolo quanto basta, piuttosto che realizzare nella sala o nella corte una cavea vera e propria. Fase 3. Si deve raccordare e connettere il fondale o la parete terminale dove è dipinta la scena con le pareti laterali. L'inclinazione dei fianchi del palco può essere utile a questo scopo. Fase 4. Emerge l'idea di uno spazio scenico illusorio. I piani laterali convergono con quello del palco in un punto dello spazio, e così anche le rette perpendicolari alla tela di fondo, mentre quelle parallele ad essa restano parallele."

In questo modo vengono determinati con Guidobaldo gli elementi sostanziali dei cambiamenti della prospettiva rinascimentale. Si tratta del piano inclinato e del piano oggettivo del pavimento, elementi che sono alla base, da questo momento in poi, della prospettiva solida. Il piano del pavimento non viene più rappresentato su una parete pittorica normale, sarebbe a dire una comune parete prospettica che faccia da quadro, ma su un piano inclinato che forma con la parete di partenza lo spazio tridimensionale della prospettiva solida. Infiniti piani oggettivi hanno come immagini infiniti piani di rappresentazione prospettica.

Con Guidobaldo del Monte, dunque, si certifica in modo chiaro il fatto che la scatola della scena teatrale rinascimentale veniva modificata di proposito, sviluppata in modo prospettico-illusorio, per poter corrispondere alle esigenze di una rappresentazione ottimale: per eccellenza quella del Principe.

Si perviene a questa rappresentazione tramite una realizzazione simile a quella della Figura 9.2, in cui il centro che regola la scena prospettica viene individuato nel punto *O*, una volta stabilita la profondità *p*.

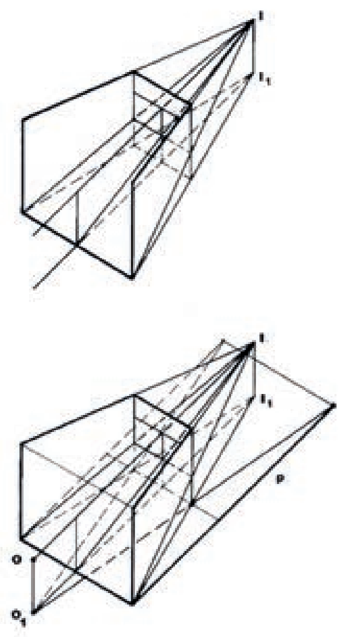


Figura 9.2: da Sinisgalli (2001, 281)

Qui il piano orizzontale oggettivo di pavimento giunge ad essere rialzato in modo da risultare inclinato in *I*,—si inclina il piano orizzontale di pochi gradi ruotandolo fino a non coincidere più con il piano orizzontale, diventa allora il quadro del piano orizzontale—e si fa in modo che le pareti laterali convergano in modo da confluire anch'esse tutte nel punto *I*:

> Allo stesso modo se si ha una parete frontale e una in profondità di una casa oggettiva, quella frontale sarà una sezione frontale, mentre quella in profondità avrà, come parete apparente, una sezione verticale passante per il punto (*O*) dove la parallela per l'occhio incontra il piano inclinato di pavimento."[31]

Dal punto *O* prendo una retta ortogonale al piano verticale del quadro che va a finire nel punto *I* dove confluiscono tutte le rette parallele compresa la retta parallela per l'occhio al piano orizzontale di pavimento. Tale punto *I* è il punto di concorso, il nostro punto di fuga.

Guidobaldo stabilisce con chiarezza il punto *O*, quello dell'osservatore principale, che ha un enorme valore perché coincide con l'occhio dello spettatore più importante, ossia il Principe; punto *O* che risulta essere il punto di vista o centro dei raggi proiettanti esterno al boccascena.

Emerge così l'idea di uno spazio scenico illusorio, una precisa scena teatrale prospettica e geometrica, che è certamente più evoluta rispetto a quella realizzata nel Rinascimento. Guidobaldo getta le fondamenta per lo sviluppo dei principi della scienza relativamente allo spazio illusorio.

Riferimenti

Commandino, F. (1572). *Euclidis elementorum libri XV*. Pesaro: C. Franciscinum.

Danti, E. (1573). *La prospettiva di Euclide*. Firenze: nella stamperia de'Giunti.

Monte, Guidobaldo del (1600). *Perspectivae libri sex*. Pesaro: Girolamo Concordia.

Sinisgalli, R. (1984). *I sei libri della prospettiva di Guidobaldo dei marchesi Del Monte dal latino tradotti, interpretati e commentati da Rocco Sinisgalli*. Roma: L'Erma di Bretschneider.

— (2001). *Verso una storia organica della prospettiva*. Roma: Edizioni Kappa.

— (2006). *Il nuovo "De Pictura" di Leon Battista Alberti*. Roma: Edizioni Kappa.

[31] Per gentile concessione del professore Rocco Sinisgalli, la Figura 9.2, presente in questo contributo, è tratta da (Sinisgalli 2001, 281).

Tiriticco, L. (2009). Dall'Opus Majus di Ruggero Bacone. Lo spirituale, il letterale e la scienza della Perspectiva. In: *Atti del Convegno Internazionale di Studi "L'Arte della matematica nella prospettiva," Roma, Istituto Svizzero, 9 ottobre 2006-Urbino, Palazzo Ducale, 10-11 ottobre 2006-Urbino, Palazzo Ducale, 10-11 ottobre 2006*. Foligno: Edizione Cartei & Bianchi.

Vasari, G. (1550). *Le vite de' più eccellenti architetti, pittori e scultori*. Firenze: Lorenzo Torrentino.

Vitruvio, M. P. (1998). *De architectura libri X*. Roma: Edizioni Kappa.

Chapter 10
Gli strumenti scientifici di Guidobaldo del Monte

Enrico Gamba e Roberto Mantovani

La strumentazione scientifica è un aspetto poco conosciuto, e tuttavia di notevole importanza, dell'opera di Guidobaldo del Monte. Nella ricognizione del materiale manoscritto e a stampa dello scienziato pesarese, abbiamo cercato di mettere ordine, anche cronologicamente, nelle numerose testimonianze relative all'invenzione, perfezionamento, utilizzo di numerosi apparati e dispositivi meccanici, destinati sia a impieghi di ordine pratico, sia a scopi osservativi e sperimentali.

In questo spiccato interesse verso gli strumenti scientifici un ruolo di primaria importanza assunse, nell'ambito del vivace e stimolante ambiente scientifico del ducato, la nascita e lo sviluppo a Urbino verso la metà del Cinquecento di una officina specializzata nella costruzione di strumenti scientifici che presto ottenne vasta fama. Fondatore dell'officina e capostipite di una lunga ed importante schiera di artigiani-meccanici urbinati fu Simone Barocci (1525–1608).[1] Stando alle fonti note Guidobaldo collaborò con questo artefice, come vedremo più avanti, alla costruzione di almeno due strumenti scientifici—compasso di proporzione e orologio a calice—, ma è indubbio che la loro collaborazione[2] dovette essere assai più frequente e duratura di quanto i pochi documenti rinvenuti riescano a testimoniarci.

È noto che un'importante porzione dell'opera di Guidobaldo sia stata spesa, sul piano teorico, nel tentativo di sistematizzare la teoria delle macchine semplici; in tale sforzo assiomatico-dimostrativo egli non perse mai di vista la necessità di evidenziare una concordanza teoria-pratica, mettendo in luce la componente empirico-operativa e rimarcando l'utilità pratica delle "discipline mathematiche." Sotto questo punto di vista la presenza di una qualificata officina di meccanici nel ducato dovette rappresentare per il nostro un forte stimolo non solo verso una più meditata concettualizzazione della meccanica, ma anche per studiare ed approfondire le applicazioni pratiche delle discipline matematiche che allora aveva-

[1] Simone, fratello del famoso pittore Federico, è figlio d'arte. Il padre Ambrogio, era un orefice che all'occorrenza "lavorava di cavo e di rilievo modelli, sigilli et astrolabij."

[2] Nel Proemio alla *Fabrica et uso del compasso polimetro* Muzio Oddi (1633), parlando di Guidobaldo, afferma che "in quei tempi [1570c.] si tratteneva in Urbino per conferire i suoi studij con il Commandino et spesso era alla casa dove lavorava il Baroccio."

no, quali discipline “subalternate,” la topografia, la “scientia” delle macchine, la prospettiva, l’architettura civile e militare, la cartografia.

In aggiunta Guidobaldo ebbe l’opportunità di vivere in un contesto culturale di altissimo livello per la presenza nel ducato di figure quali Federico Commandino (1509–1575)—scienziato-umanista di levatura europea—Bernardino Baldi (1553–1617) e Muzio Oddi (1569–1639).

Poteva inoltre beneficiare di quella tradizione architettonica iniziata ai tempi di Federico da Montefeltro e mantenuta viva lungo il periodo roveresco, che aveva prodotto una folta schiera di architetti e tecnici civili e soprattutto militari. Lo stesso padre di Guidobaldo, Raniero del Monte, aveva notevole competenza nel campo architettonico-militare. Assistiamo così, anche in Urbino, ad un processo di specializzazione nel settore strumentale, stimolato primariamente da tre fattori: l’esistenza di un ambiente scientifico locale di alto livello, sensibile a questo tema[3]; la contemporanea formazione di un ambiente tecnico avanzato, locale e non, che produce un sostanzioso aumento della domanda di strumenti che ormai fanno parte della dotazione di figure emergenti, ma essenziali, quali topografi, agrimensori, architetti civili e soprattutto militari; infine una committenza ricca, favorita anche dai duchi d’Urbino. Lo stesso Francesco Maria II possedeva orologi e strumenti matematici costruiti dal Barocci, e molti di essi venivano richiesti da nobili e prelati, o inviati in dono presso le corti d’Italia e d’Europa. E’ in questo favorevole quadro politico, e di competenze tecnico-scientifiche, che deve inquadrarsi l’interesse di Guidobaldo verso gli apparati strumentali.

È probabile che l’elenco degli strumenti che qui presentiamo, individuati tra gli scritti, o semplicemente grazie a testimonianze coeve e successive, non sia esaustivo di tutta la produzione scientifica di Guidobaldo; non si dimentichi che molte sue carte ed opere andarono perdute e che non sempre l’ideazione e la realizzazione di strumenti scientifici veniva accompagnata da registrazioni scritte. C’è un’importante testimonianza del figlio di Guidobaldo, Orazio, il quale scrivendo a Galileo[4] a proposito di alcuni documenti inediti del padre in suo possesso, afferma di possedere “la fabrica di alcuni istromenti ritrovati da lui, delle quali tutte cose vi sono le figure intagliate.” Sembra, quindi, che Guidobaldo volesse pubblicare un libro sugli strumenti, visto che aveva pronte le xilografie delle relative figure. Naturalmente non ci è dato sapere quali strumenti stesse preparando, ma ciò non può che rafforzare l’idea di un interesse e di una produttività strumentale senz’altro maggiore di quanto ci è dato conoscere.

[3]Tale ambiente porterà Muzio Oddi, allievo di Guidobaldo, a focalizzare gran parte della propria produzione scientifica verso la strumentazione. Due delle sue opere più significative vennero dedicate rispettivamente allo squadro agrimensorio (Oddi 1625) e al compasso polimetro (Oddi 1633).

[4]*Orazio del Monte a Galileo*, Crema 16 giugno 1610 (Galilei 1968, vol. X, 371).

10.1 Gli strumenti di Guidobaldo

Al fine di facilitare la distinzione tra funzioni e contesti d'uso, abbiamo ritenuto utile fornire una classificazione di massima degli strumenti scientifici elaborati da Guidobaldo inserendo in essa sia quelli da lui ideati, sia quelli perfezionati. Nello schema è stato assegnato ad ogni strumento una data che primariamente vuole indicare l'anno d'invenzione; quando ciò non è stato possibile si è riportata la data della prima realizzazione nota.

Strumenti da disegno: ellissografo (1579), strumento a regoli e a filo per l'iperbole (1587 c.), compasso per circonferenze a largo raggio (1579)

Strumenti per il rilevamento: teodolite astronomico (1579c.), squadro (1589c.)

Strumenti di calcolo: compasso di proporzione (1570c.), moltiplicatore meccanico delle frazioni di grado (1579)

Strumenti come apparati sperimentali: libra (1577), sistemi di carrucole (1577), bilancia idrostatica (1587c.)

Strumenti per la misura del tempo: orologio solare a rifrazione tipo calice (1572), orologio solare a rifrazione tipo fontana (1587–1601).

Naturalmente ogni classificazione ha sempre qualcosa di arbitrario e la nostra non sfugge a tale regola. Ad esempio il compasso di proporzione può essere inteso, ad un tempo, come strumento da disegno oltre che di calcolo, perché risolve il problema di dividere un segmento, o una circonferenza, in un numero prefissato di parti uguali.

Infine va segnalata l'assenza di strumenti di tipo prospettico, nonostante che Guidobaldo pubblichi il più importante testo di prospettiva[5] del XVI secolo, nel quale non compare nessuno strumento. Analizziamo ora ciascuno dei punti della classificazione.

10.2 Strumenti da disegno

Nel 1579 Guidobaldo pubblica a Pesaro un'opera di notevole spessore scientifico, il *Planisphaeriorum universalium theorica* (Monte 1579), diviso in due libri, dove affronta il problema, allora assai dibattuto, della risoluzione della sfera celeste sul piano. La questione aveva assunto operativamente una notevole importanza con la diffusione in Occidente dell'astrolabio da parte degli arabi. L'utilizzo della proiezione stereografica polare aveva costretto i vari costruttori a dotare gli astrolabi di un numero sempre maggiore di dischi ciascuno dei quali forniva la rappresentazione della sfera celeste per una data latitudine. Questa proiezione, utilizzata operativamente all'inizio del Cinquecento da Johannes Stöffler

[5] Cfr. (Monte 1600). In quest'opera non compaiono strumenti prospettici.

nella costruzione dell'astrolabio, affondava le sue radici storiche nelle opere tolemaiche del *De Analemmate* e del *Planisphaerium*, quest'ultima poi riportata in auge da un "commentarius" del Commandino nel 1558 (Commandino 1558). Era quindi un argomento che Guidobaldo conosceva bene per essere stato ampiamente trattato dal suo maestro con quel rigore geometrico che gli competeva e che egli aveva ben assimilato. I tentativi, intorno alla metà del Cinquecento, d'introdurre una rappresentazione grafica della sfera sul piano che fosse indipendente dalla latitudine, spinsero Guidobaldo ad approfondire il tema. Le teorie del planisfero universale di Juan de Rojas Sarmiento e di Gemma Frisio erano state proposte dai loro autori senza dimostrazioni geometriche e a fini meramente pratici. Il programma del *Planisphaeriorum* nasce proprio per ovviare a tali carenze teoriche. Guidobaldo affronta nel primo libro la teoria del planisfero di Gemma Frisio e nel secondo quella proposta da Juan de Rojas. Le due costruzioni si differenziano nella scelta del polo proiettivo che nel primo caso è individuato nel punto equinoziale, nel secondo caso nel medesimo punto equinoziale portato all'infinito. Scorrendo l'opera colpisce la precisione quasi maniacale con la quale egli dimostra i principi matematici che sottendono le due teorie, forse minuziosamente trattate per esigenze didattiche e per facilitarne una maggiore diffusione. In questa rielaborazione teorica Guidobaldo non trascura l'aspetto dell'esecuzione pratica dei nuovi planisferi proponendo la realizzazione di due nuovi strumenti da disegno per facilitare il tracciamento di curve quali gli archi di circonferenza ad ampio raggio e archi di ellisse.

10.2.1 Il compasso per circonferenze ad ampio raggio

Nel primo libro del *Planisphaeriorum* Guidobaldo dimostra per la prima volta che gli elementi proiettivi del planisfero di Gemma Frisio sono linee rette e cerchi. In particolare fornisce la dimostrazione geometrica che alcuni meridiani e paralleli, quelli vicini agli assi diametrali del planisfero, sono archi di circonferenze ad ampio raggio. Tracciare con precisione tali curve, soprattutto in planisferi di media[6] o notevole grandezza, comportava serie difficoltà tecniche sia per l'operazione, alquanto incerta, d'individuare il centro quando si hanno grandi distanze radiali, sia per la mancanza d'idonei strumenti. Per ovviare a tali difficoltà Guidobaldo inventa uno strumento (Monte 1579, 124–128) ad hoc in grado di disegnare archi di circonferenza passanti per tre punti dati quando sono quasi allineati. Il suo apparato[7] meccanico è costituito da un paio di prismi a forma di cuneo e da un sistema articolato triangolare (Figura 10.1) formato da due regoli incernierati su

[6]Per media grandezza Guidobaldo intende il diametro di un piede, il piede di Pesaro misurava 34 cm.

[7]Circa i materiali più idonei per la costruzione dello strumento Guidobaldo cita il ferro, il bronzo, o il legno duro.

un perno *B* dove è posizionato anche uno stilo appuntito. Per tracciare l'arco di circonferenza passante per i punti V, I, X si posizionano preliminarmente la punta dello stilo nel punto I e gli spigoli Y e Z dei due prismi rispettivamente in contatto con i punti V e X. Mettendo in leggera rotazione il sistema avendo cura di mantenere costante il contatto tra spigoli e lati dei regoli, lo stilo traccerà la curva cercata. Guidobaldo descrive e disegna lo strumento in modo molto accurato, per renderne più agevole possibile la costruzione.

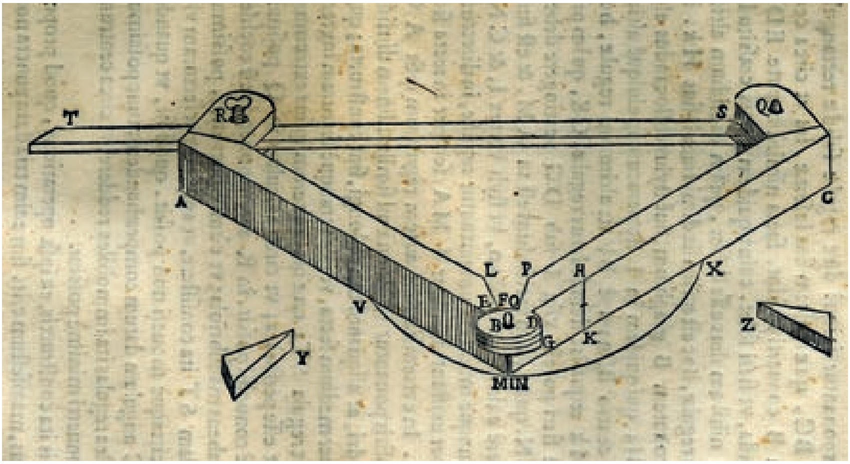


Figura 10.1: Compasso per circonferenze a largo raggio. *Planisphaeriorum universalium theorica*, Pesaro 1579. Bibl. Oliveriana, Pesaro.

10.2.2 L'ellissografo

Nel secondo libro del *Planisphaeriorum* Guidobaldo dimostra per la prima volta che nella proiezione ortografica equinoziale del planisfero di de Rojas i cerchi meridiani sono archi di ellisse.[8] Quindi descrive due metodi grafici per disegnare un'ellisse, il primo dei quali, classico, utilizza uno stilo e un filo di lunghezza costante. Nel fornire il secondo metodo Guidobaldo descrive l'ellissografo (Monte 1579, 213–216), uno strumento da lui ideato per disegnare archi di

[8]Gemma Frisius, pur riconoscendo che non si tratta di cerchi, parla di curve anomali; De Rojas, invece, le lascia senza nome ma ha il merito comunque di disegnarle in forma corretta per punti.

ellisse.[9] Prima di questo strumento queste curve venivano disegnate per punti o con metodi poco sicuri.[10] Guidobaldo, conscio di ciò, propone un apparato nuovo in grado di disegnare con precisione quarti di ellisse in modo continuo (Figura 10.2).

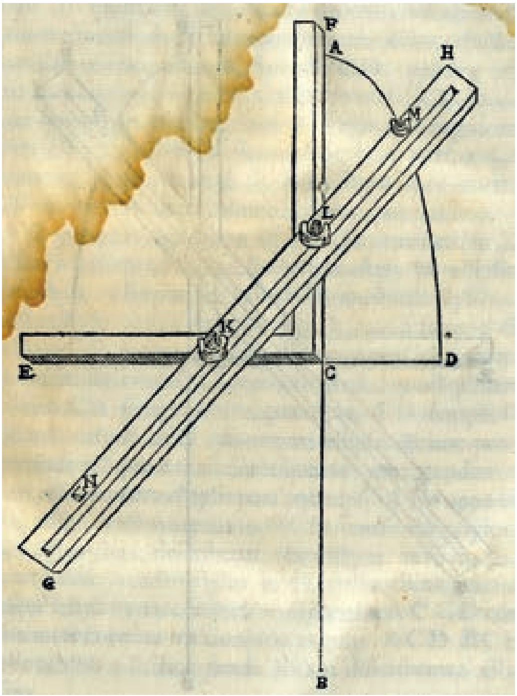


Figura 10.2: L'ellissografo. *Planisphaeriorum universalium theorica*, Pesaro 1579. Bibl. Oliveriana, Pesaro.

[9]Si noti che Simone Stevino cita nelle sue *Mémoires mathématiques* (Stevin 1605-1608, vol. II, libro I) il metodo utilizzato da Guidobaldo e ciò a riprova che le sue opere erano già conosciute ed apprezzate.

[10]Tra i contemporanei che hanno utilizzato il metodo per punti Guidobaldo cita il Dürer e Commandino. Albrecht Dürer aveva descritto nella sua *Institutionum Geometricarum* (Dürer 1532) un metodo per disegnare le coniche. Lo stesso aveva fatto il Commandino nel *De Horologiorum Descriptione* e in particolare nella descrizione degli orologi solari orizzontali dove aveva fornito un teorema per disegnare per punti l'ellisse. Ma se Commandino si era limitato a fornire un teorema geometrico il Dürer aveva costruito un vero e proprio apparecchio che a suo dire disegnava ellissi ma che in realtà costruiva curve che si torcevano su se stesse.

Lo strumento è costituito da una squadra e da un regolo in cui è praticata una scanalatura nella quale possono scorrere ed essere bloccati in qualsiasi posizione due cursori. Uno stilo può essere fissato a piacere in uno dei due fori[11] agli estremi del regolo a seconda che si voglia disegnare il quarto di ellisse superiore o inferiore. Inizialmente si regola la distanza tra i cursori in modo che siano spaziati secondo la differenza tra i due semiassi. Posizionata la squadra lungo i semiassi dell'ellisse è sufficiente far scorrere i cursori lungo i lati della squadra per tracciare il quarto d'ellisse. Un primo aspetto notevole da sottolineare consiste nel modo con cui Guidobaldo presenta l'ellissografo, fornendo le immagini dello strumento completo, di alcune delle parti che lo compongono, e degli esplosi (Monte 1579, 105–106; Figure 10.3 e 10.4) fatto più unico che raro per un testo del 1579.

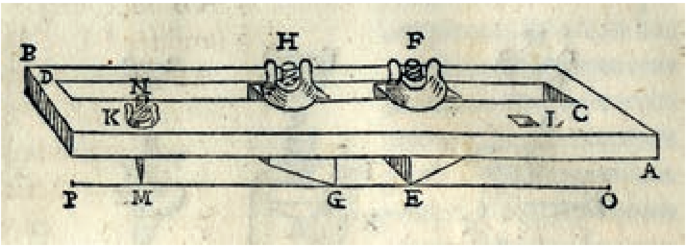


Figura 10.3: Particolare dell'ellissografo. Bibl. Oliveriana, Pesaro.

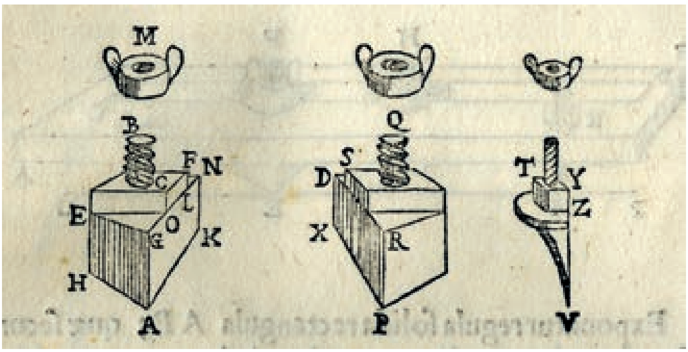


Figura 10.4: Particolare dell'ellissografo, in esploso. Bibl. Oliveriana, Pesaro.

[11] Ciascun foro dista, rispetto al cursore più lontano, della lunghezza del semiasse maggiore dell'ellisse.

Insomma Guidobaldo si prende cura di fornire dettagliate informazioni per la costruzione in officina dello strumento (ricordando molto probabilmente le domande in proposito dell'artefice Simone Barocci) e praticamente ne fa il progetto esecutivo; stando ai nostri criteri mancano solo le quote per renderlo simile a un progetto esecutivo.[12] L'intento evidente è d'incrementarne la diffusione. Forse è per questo che il *Planisphaeriorum* viene ristampato a Colonia due anni dopo.

La seconda considerazione riguarda la sua diciamo "derivazione" dallo strumento di Nicomede[13] per tracciare la concoide, un'immagine di quest'ultimo si trova nel *General trattato* del matematico bresciano Nicolò Tartaglia (1499–1557) (1560, ff. 48–49; Figura 10.5).

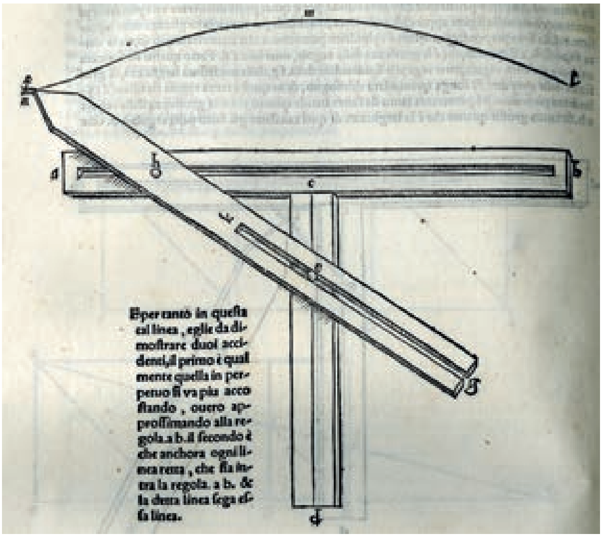


Figura 10.5: Strumento di Nicomede per tracciare la concoide. *General trattato de numeri et misure*, parte quinta, Venezia 1560. Bibl. Oliveriana, Pesaro.

È evidente che analiticamente la concoide ha ben poco a che fare con l'ellisse, ma per configurazione meccanica i due strumenti sono molto simili. Basta

[12]Per una rappresentazione secondo criteri grafici simili di uno strumento topografico si veda (Castrioti 1564), a riprova della simbiosi nel ducato di Urbino tra ambito tecnico e ambito scientifico, tenuto conto poi che Guidobaldo spesso ricopriva anche mansioni tecniche.

[13]Questo strumento aveva ispirato la costruzione di un particolare compasso da parte di un allievo di Regiomontano, tale Johann Werner (1468–1528), descritto in un *libellus* del 1522. Probabilmente quest'ultimo apparato aveva ispirato anche quello del Dürer.

infatti rendere mobile il punto fisso *e* perché lo strumento di Nicomede tracci ellissi anziché concoidi. Ciò è interessante perché fa comprendere come venivano sviluppati gli strumenti polivalenti. Ad esempio, l'urbinate Felice Paciotti (1534–1622) realizza un unico strumento in grado di tracciare le tre curve coniche.[14] Infine va sottolineato che lo strumento di Guidobaldo ha il pregio non trascurabile di disegnare l'ellisse partendo dalla conoscenza predeterminata dei semiassi anziché dai due fuochi "quia vero in astrolabio ellipsis describendae semper dati sunt axes" (Monte 1579, 102).

10.2.3 Strumento per disegnare l'iperbole

Nel manoscritto parigino delle *Meditatiunculae*[15] compare uno strumento per tracciare le iperboli, presentato in due versioni, a regoli e a filo (Figure 10.6 e 10.7).[16]

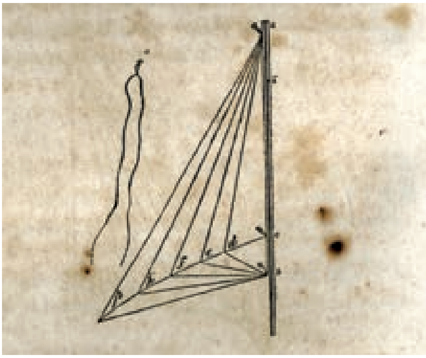


Figura 10.6: Strumento a fili per disegnare l'iperbole. Da *Meditatiunculae*, Bibliothèque Nationale, Parigi.

A questo proposito Guidobaldo cita un passo del *Liber de horologiorum* dove il Commandino fa cenno ai metodi per tracciare le coniche esposti da Eutocio e dal Dürer, e dove propone un proprio metodo generale di tracciamento per punti. Si tratta comunque di una costruzione grafica che non viene tradotta in un qualche

[14]Cfr. (Oddi 1638, 183–192; Rose 1970).

[15]*Meditatiunculae Guidi Ubaldi ex Marchionibus Montis S. Mariae de rebus mathematicis*, Bibliothèque Nationale, Parigi, ms. lat., 10246. Il manoscritto è una sorta di zibaldone contenente scritti su svariati argomenti di matematica e fisica. E' databile all'incirca al periodo 1587–92. Alcune parti del manoscritto sono state pubblicate da Libri (1838-1841, vol. IV). I disegni con le descrizioni si trovano nel vol. IV, pp. 380–383, da cui sono tratte le immagini sopra riportate.

[16]*Ibidem*, cc. 7–8.

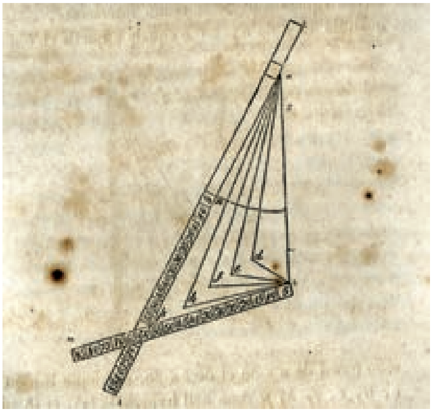


Figura 10.7: Strumento a regoli per disegnare l'iperbole. Da *Meditatiunculae*, Bibliothèque Nationale, Parigi.

strumento.[17] Ed è quello che fa Guidobaldo proponendo un dispositivo che è una materializzazione della proprietà delle iperboli di essere il luogo dei punti la cui distanza dai due fuochi mantiene una differenza costante. Si tratta di due regoli, di cui quello inferiore *bm*, interamente graduato, è munito di una punta fissa situata nell'estremità *b*. L'altro regolo *kl*, più lungo, graduato a partire dal punto *n*, ha un cursore *a* munito anch'esso di punta. Le due punte vanno infisse dove si vogliono posizionare i fuochi dell'iperbole, i due regoli possono ruotare intorno alle rispettive punte. Quindi si traccia un ramo dell'iperbole individuandone i punti *p, h, f, e, d*, mediante l'intersezione delle divisioni sui due regoli contrassegnate dagli stessi numeri. In questo modo la differenza delle distanze dei vari punti dell'iperbole dai due fuochi si mantiene costante. E' molto probabile che questo strumento fosse tra quelli del progettato testo sugli strumenti, insieme all'ellissografo e al compasso sopra descritti.

10.3 Strumenti per il rilevamento

10.3.1 Lo squadro

Guidobaldo era anche un tecnico di prim'ordine: soprintendeva alla costruzione e riparazioni di acquedotti, ispezionava le fortificazioni, faceva prove di tiro con l'artiglieria, studiava come rendere più efficienti le macchine, era naturale

[17] Cfr. (Commandino 1562, ff. 58v-59v).

che prestasse la sua attenzione anche all'agrimensura. Nelle pagine iniziali delle *Meditatiunculae* troviamo un capitoletto intitolato *Del misurar*[18] nel quale Guidobaldo descrive preliminarmente i metodi geometrici di Leon Battista Alberti e Gemma Frisio per misurare "l'altezze, profondità et inclinationi." Segue una pagina dedicata allo squadro agrimensorio[19] nella quale s'illustrano alcuni semplici utilizzi dello strumento per la misura delle aree dei terreni, e per il rilevamento degli angoli. La descrizione è supportata da disegni (Figura 10.8).

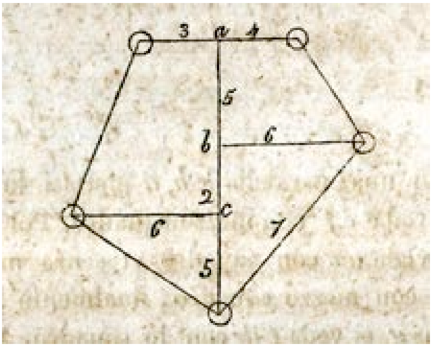


Figura 10.8: Uso dello squadro agrimensorio. Da *Meditatiunculae*, Bibliothèque Nationale, Parigi.

Il metodo utilizzato è quello di scomporre le superfici in triangoli e trapezi rettangoli utilizzando uno o più punti di stazione. Lo strumento nella versione di Guidobaldo è costituito da un cilindro avente fenditure "spaccature" longitudinali[20] a 90° e a 45° che forniscono i seguenti angoli fissi di traguardo: 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°. La forma cilindrica dello squadro, a differenza del modello a disco piatto[21], presentava notevoli vantaggi in quanto forniva piani anziché linee visuali, permettendo di traguardare angoli anche su terreni non pianeggianti.[22] Un'altra notevole caratteristica tecnica dell'apparato è lo snodo mediante il

[18] *Ms. cit.*, cc. 9–11.

[19] *Ibidem*, c. 12. Il titolo è *Misurar a lo squadro tagliato in otto parti*, questa pagina è riprodotta in (Libri 1838-1841, vol. IV, 384-392).

[20] Nelle collezioni medicee presso il Museo Galileo di Firenze, è conservato uno squadro marcato "Urbino 1654," che oltre alle fenditure a 90° e 45° ha una fenditura a 30°/60°.

[21] I primi squadri erano dei dischi in legno con due fenditure ad angolo retto. Tartaglia, ancora nella terza parte del terzo libro del suo *General trattato di numeri e misure* (Tartaglia 1556-1560) descrive il modello piatto munito di forellini o traguardi alle estremità dei due diametri ortogonali.

[22] Guidobaldo precisa che se la misura avvenisse in un terreno non pianeggiante: "Guardisi per le spaccature la sommità del monte facendo star lo squadro sempre retto all'horizzonte," *Meditatiunculae*,

quale lo squadro è connesso al sostegno; con esso era possibile disporre orizzontalmente il piano della fenditura principale così da avere a disposizione, tramite le altre fenditure, un angolo visuale di 45° per misurare le altezze. Guidobaldo presenta lo squadro nella forma cilindrica che si manterrà tale per secoli. Ad esso l'architetto urbinate Muzio Oddi dedica nel 1625 un'intera opera,[23] la prima in età moderna dedicata esclusivamente ad uno strumento agrimensorio. Si può dire che con l'Oddi nasce l'agrimensura moderna.

10.3.2 Il teodolite astronomico

All'inizio dei *Problematum astronomicorum libri septem*, pubblicati postumi a Venezia nel 1609 (Monte 1609, ff. 2v–3v), Guidobaldo, dopo aver affrontato il problema delle scale graduate, propone uno strumento (Monte 1609, ff. 7r–7v) per rilevare l'altezza e l'azimut dei corpi celesti, cioè una sorta di teodolite astronomico (Figura 10.9).

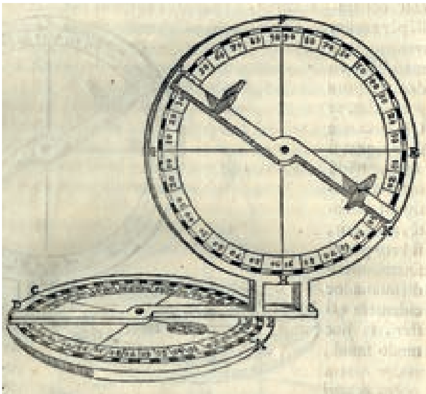


Figura 10.9: Il teodolite astronomico di Guidobaldo. *Problematum astronomicorum libri septem*, Venezia 1609. Bibl. Oliveriana, Pesaro.

La sua conformazione è molto simile a quella del teodolite terrestre le cui origini vengono generalmente ricondotte al modello[24] di Leonard Digges descritto per la prima volta nel 1571. Tuttavia in quegli anni altri autori stavano elaborando analoghi strumenti, è quanto risulta dal confronto tra lo strumento di Guidobaldo

ms. cit., c. 12.

[23]Lo squadro dell'Oddi ha le stesse fenditure dello squadro urbinate conservato a Firenze (1625).

[24]Cfr. (L. Digges and T. Digges 1571), pubblicato postumo dal figlio di Leonard, Thomas Digges.

e il teodolite topografico che compare nel testo di geometria pratica di Cosimo Bartoli (1564, f. 98r; f. 102r nell'edizione del 1589) (Figura 10.10).

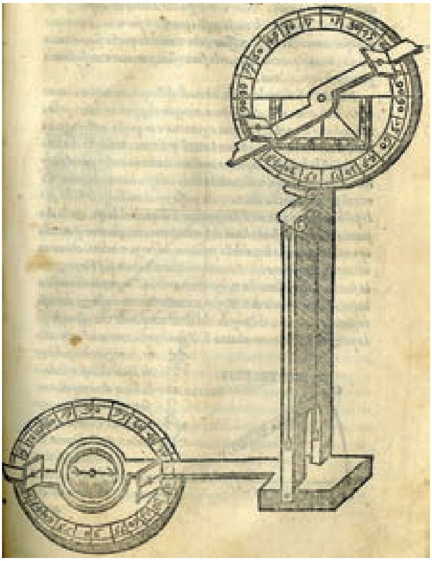


Figura 10.10: Il teodolite di Cosimo Bartoli. *Del modo di misurar*, Venezia 1589. Bibl. Oliveriana, Pesaro.

Si noti però che il teodolite del Bartoli non è previsto per osservazioni astronomiche, bensì per rilievi topografici in campagna, quindi con minori requisiti di precisione; fatti salvi poi i forti dubbi se uno strumento del genere sia stato realizzato ed effettivamente impiegato dai topografi dell'epoca. Comunque sia, entrambi gli strumenti restavano nell'ambito della tradizione perché di ridotte dimensioni e perché richiedevano capacità tecnico-costruttive che non oltrepassavano le lavorazioni dell'epoca. L'apparato di Guidobaldo è costituito da due cerchi metallici graduati: uno orizzontale con bussola, l'altro verticale, quest'ultimo fornito di un'alidada con mire a fenditure aperte. I cerchi graduati presentano le incisioni delle scale come nei più tradizionali astrolabi, ai quali lo strumento appare strettamente imparentato. L'apparato permetteva di traguardare angoli di qualsiasi ampiezza sia per i rilievi topografici e geografici, sia per le osservazioni astronomiche.[25] Soprattutto per queste ultime un aspetto di centrale importanza

[25]Un apparato simile, tra i più antichi conosciuti, era stato già descritto nella *Margarita philosophica* di Gregor Reisch del 1512. Lo strumento, denominato *polimetrum*, venne descritto in appendice

era l'apprezzamento delle frazioni di grado. Guidobaldo, conscio della portata del problema, l'affronta proprio all'inizio dei *Problematum astronomicorum*. Lo fa da un punto di vista del tutto generale, cioè si occupa della lettura su una scala standard, indipendentemente dallo strumento che la ospita: giustamente tenta di generalizzare. Quello che espone è un procedimento ricorsivo che consente in linea teorica di risalire non solo alle consuete frazioni di grado, cioè ai primi e ai secondi, ma di procedere oltre, all'infinito, cioè ai "terzi," "quarti," "quinti," ecc., dove ad esempio il "terzo" è la sessantesima parte del secondo. Convinto della fattibilità del metodo, Guidobaldo perfeziona anche uno strumento meccanico per il calcolo delle frazioni di grado, meccanismo che descriveremo più avanti quando parleremo degli strumenti di calcolo. Significativa è a riguardo la sua osservazione sulle dimensioni dei cerchi graduati, dove stima il diametro di 1 piede (34 cm il piede di Pesaro) sufficiente per risalire a qualsivoglia frazione di grado. E' questa sua errata convinzione a spingerlo a non intraprendere nuove strade, come quella che proprio in quegli anni aveva imboccato Tico Brahe, e a rimanere nell'ambito della tradizione proponendo apparati di dimensioni contenute. In effetti dal suo punto di vista il sistema delle frazioni di grado, non richiedendo scale di grandi dimensioni, risultava vantaggioso, evitava problemi progettuali e costruttivi tipici degli strumenti di grandi dimensioni (peso, carico sui perni e sui sostegni, deformazioni, ecc.) e di conseguenza manteneva i costi di lavorazione contenuti, fattore quest'ultimo non da sottovalutare.

D'altra parte la *Mechanica* di Tico Brahe[26] era ben nota nell'ambiente urbinate e sarebbe quindi poco probabile supporre che Guidobaldo l'avesse di proposito ignorata, più plausibilmente, pur cogliendo l'importanza della precisione osservativa,[27] non si rendeva conto che la strumentazione astronomica andava di fatto rivoluzionata e che il metodo da lui proposto di rilevazione delle frazioni di grado non poteva essere in alcun modo un'alternativa "povera" alla costosissima strumentazione ticonica. Occorre tuttavia aggiungere che la comunità scientifica urbinate dedicava poca attenzione all'astronomia in generale e meno ancora verso quella osservativa.[28] Nei *Problematum*, così come nel *Planisphaeriorum*, Guidobaldo si rivela un ottimo conoscitore delle tecniche matematiche che cerca

al testo dal topografo e cartografo renano Martin Waldseemüller. Alla stregua dello strumento di Guidobaldo esso misurava angoli orizzontali e verticali ma il suo uso era rivolto essenzialmente al rilevamento e alla cartografia.

[26]Brahe (1598) descrive con grande cura tutto l'armamentario strumentale di Tico. Esso era caratterizzato da scale graduate di grandi dimensioni e da soluzioni tecniche avanzatissime quali, ad esempio, l'uso di precisi sistemi di traguardo a doppia fenditura: un modus operandi ben diverso rispetto a quello scelto da Guidobaldo.

[27]Come già ricordato i *Problematum* si aprono proprio con la lettura delle scale graduate e con il metodo delle frazioni di grado.

[28]Quest'aspetto si integra bene con il largo disinteresse da parte degli artefici urbinati degli strumenti scientifici verso la costruzione di strumenti astronomici.

di rendere più agevoli procedendo per via geometrica, ma non mostra altrettanto interesse e competenza per gli aspetti osservativi e operativi della raccolta-dati. In definitiva Guidobaldo non coglie l'importanza fondamentale del programma proposto da Brahe, ossia la necessità di avere a disposizione di prima mano cospicui, omogenei e precisi dati osservativi, ma si limita a procedere con maggiore chiarezza e rigore nell'ambito della tradizione utilizzando linee e cerchi anziché funzioni trigonometriche ed affrontando, come è nel caso dei *Problematum,* temi quali le stelle fisse—il primo mobile—e non l'astronomia planetaria.

10.4 Strumenti di calcolo

10.4.1 Il compasso a due scale

Muzio Oddi attribuisce a Guidobaldo l'invenzione del compasso di proporzione come perfezionamento del compasso di riduzione del Commandino (Gamba 1994). Stando a quanto riferisce l'Oddi, l'innovazione decisiva di Guidobaldo è la conformazione dello strumento a due regoli incernierati con incise le scale per la divisione in un numero prefissato di parti uguali dei segmenti e delle circonferenze, soluzione che "emancipa" lo strumento dai tradizionali compassi facendone il capostipite dei regoli calcolatori (Figura 10.11).

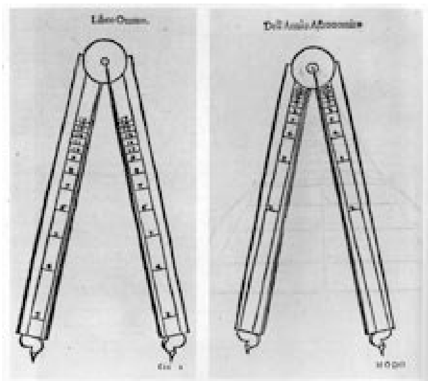


Figura 10.11: Il compasso di Guidobaldo. Giovanni Paolo Gallucci, *Della fabrica et uso di diversi stromenti di astronomia et cosmografia*, Venezia 1598.

Inoltre i due regoli si prestano a ospitare altre scale per altri usi, e questo avvalora la rielaborazione di Guidobaldo perché ha consentito ulteriori sviluppi dello strumento.[29] Si tratta di una classe di strumenti ben noti su cui non ci soffermiamo. E' solo ragionevole avanzare l'ipotesi di una comune ispirazione in Guidobaldo del compasso di proporzione e del compasso per tracciare circonferenze a largo raggio; entrambi, infatti, presentano la forma a regoli incernierati. Resta comunque il fatto che Guidobaldo non parla del suo compasso e senza la segnalazione dell'Oddi probabilmente non ne avremmo avuto notizia.

10.4.2 Il moltiplicatore meccanico delle frazioni di grado

Completamente diverso è lo strumento ideato da Guidobaldo per calcolare le frazioni di grado la cui descrizione si trova nei *Problematum astronomicorum*. Si tratta di un dispositivo meccanico che esegue automaticamente la moltiplicazione per 60 non solo delle frazioni di grado, ma anche dei primi, dei secondi, dei "terzi," dei "quarti," ecc. Il problema, spiega Guidobaldo, può essere preliminarmente affrontato e risolto per via geometrica mediante un normale compasso.[30] Ad esempio se l'alidada traguarda un angolo compreso tra 26° e 27°, la procedura da utilizzare risulta semplice: con le punte del compasso si riprende sulla scala graduata la frazione di grado eccedente i 26°, quindi, partendo dal fondo scala, la si riporta sulla medesima scala per 60 volte. La divisione della scala su cui essa cade indicherà i primi; se non si ottiene l'esatto allineamento con una divisione, si riporta sempre col compasso la frazione di primo così ottenuta a fondo scala e si ripete la procedura prima esposta ottenendo i secondi, e così di seguito, con un processo iterativo, fino a intercettare esattamente una divisione. Guidobaldo esegue queste operazioni tutte su una medesima scala[31] con graduazione da 0° a 60.° Il metodo, oltre al dispendio di tempo, pone il problema della precisione e dell'accuratezza delle misure iterate. Per ovviare ciò Guidobaldo, ispirandosi all'orologeria, propone un dispositivo meccanico rapido, e a suo parere preciso, che esegue automaticamente una moltiplicazione per 60.[32] Si tratta di un sistema di quattro ingranaggi che fa corrispondere a una rotazione di un indice su un quadrante, 60 rotazioni di un altro indice su di un quadrante opposto. Di conseguenza alla rotazione di un arco di 1° corrisponde, sull'altro quadrante, la rotazione di 60° (Figure 10.12 e 10.13).

[29] Si vedano, ad esempio, i successivi compassi di Galileo, Coignet e di altri tra cui il modello dello stesso Muzio Oddi (1638).

[30] Si vedano nel primo libro dei *Problematum astronomicorum* rispettivamente i problemi I, III, IV, V, ff. 2v–6v.

[31] Si noti che non fa alcun cenno al problema della realizzazione tecnica delle graduazioni delle scale, sembra che dia per acquisita la loro buona divisione.

[32] Cfr. *Op. cit.*, ff. 5r–6v.

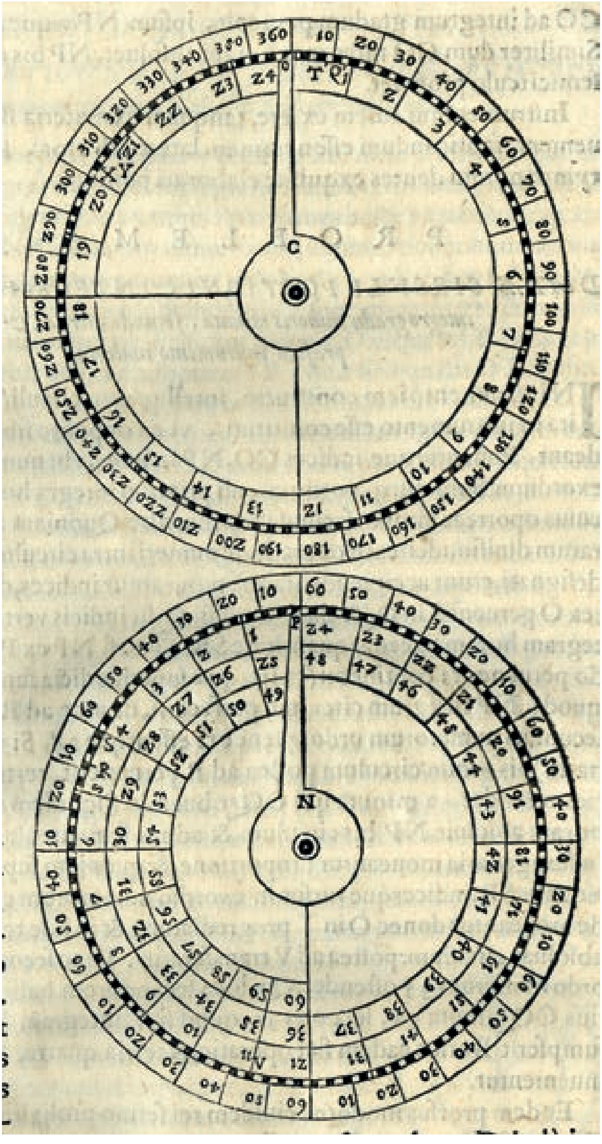


Figura 10.12: Quadranti e indici del calcolatore meccanico delle frazioni di grado. *Problematum astronomicorum*, Venezia 1609. Bibl. Oliveriana, Pesaro.

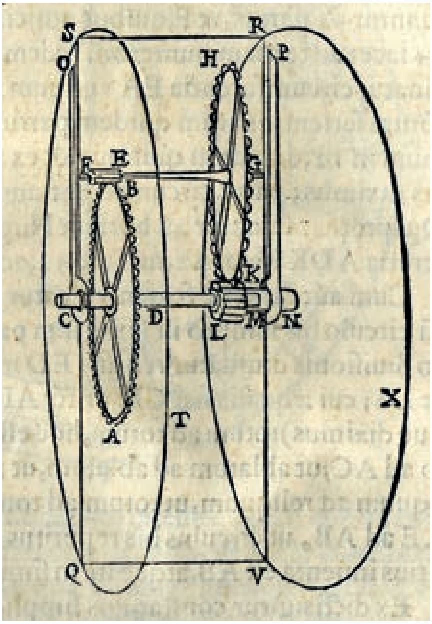


Figura 10.13: Il sistema di ingranaggi del calcolatore meccanico. *Problematum astronomicorum*, Venezia 1609. Bibl. Oliveriana, Pesaro.

Da una citazione sappiamo che lo strumento era in gestazione fin dal 1579.[33] Va però precisato che l'idea dell'amplificazione meccanica delle frazioni di grado non è di Guidobaldo bensì del veneziano Giacomo Contarini (1536–1595). Infatti due lettere di Guidobaldo al Contarini, datate 1580, ci informano dell'invenzione da parte del senatore veneziano di un primo modello di "moltiplicatore." E' solamente dopo averlo studiato che Guidobaldo rielabora lo strumento.[34]

Nella storia dell'astronomia il sistema meccanico per la rilevazione delle frazioni di grado non avrà alcun seguito.[35] L'idea, seppur suggestiva, era tecni-

[33] Cfr. (Monte 1579, 38). Un appunto sul metodo generale di calcolo della frazioni di grado compare anche a c. 109 del citato manoscritto parigino delle *Meditatiunculae*.

[34] A quanto pare Contarini aveva inviato a Guidobaldo l'apparato su cui il marchese aveva modellato uno suo. Egli, quindi, chiede al Contarini il permesso di descrivere il meccanismo nel suo quasi pronto *Problematun astronomicorum* opera che poi uscirà postuma senza alcun accenno al Contarini. Per l'intera vicenda cfr. (Rose 1975, 224); *G. del Monte a G. Contarini*, Pesaro 4 gennaio e 15 febbraio 1580, in (Rose 1976, 127).

[35] Di questo meccanismo se ne è tuttavia conservato il principio. Si pensi agli strumenti per l'amplificazione di grandezze lineari (spessori, scentrature,…), quali, ad esempio, il comparatore o minimetro,

camente errata. Guidobaldo, come abbiamo precedentemente detto, non coglie il vento del progresso tecnico che stava rivoluzionando la strumentazione astronomica (in particolare con l'opera e la strumentazione del Brahe) e preferisce muoversi nell'ambito della tradizione, illudendosi di poter ricavare dati più precisi anche da strumenti di modeste dimensioni, ritenendo in fondo che il problema fosse il sotto-utilizzo della strumentazione tradizionale. Va poi notato che in sede italiana era molto diffuso un atteggiamento di poca attenzione verso il miglioramento della strumentazione astronomica, è il caso di ricordare lo scarso interesse di Galileo per i lavori di Keplero che si basavano sulla imponente raccolta di nuovi dati osservativi realizzata da Tico Brahe.[36]

Resta infine il dubbio che la mancata pubblicazione da parte di Guidobaldo dei sette libri dei *Problematum* possa essere dovuta proprio a dei ripensamenti del nostro sull'opera del Brahe e in particolare sulla radicale revisione della strumentazione tradizionale ivi attuata.

10.5 Strumenti come apparati 'sperimentali'

Sfogliando il *Mechanicorum liber* (Monte 1577) è inevitabile accorgersi di una marcata asimmetria dell'opera: i primi due capitoli, sulle leve e sulle carrucole, occupano infatti ben 208 pagine, mentre ai restanti tre capitoli sul verricello, cuneo e vite vengono dedicate solo 50 pagine.

A parte la fretta di dare alle stampe il volume, la ragione principale ci sembra prevalentemente di ordine metodologico. Nello studio delle proprietà di leve e carrucole Guidobaldo procede basandosi su prove empiriche realizzate mediante apparati che egli progetta appositamente per le sue ricerche. Sotto questo punto di vista i primi due libri del *Mechanicorum* godono di un'impalcatura empirico-strumentale che sembra mancare agli altri tre libri. Sarebbe forse esagerato parlare di fisica sperimentale, tuttavia si tratta di una "statica strumentale" che le è molto vicina.

10.5.1 La libra

Il primo apparato discusso nel *Mechanicorum* è la libra, ossia una leva a bracci uguali avente il baricentro coincidente con il centro di sospensione e alle cui estremità sono posti pesi uguali. Guidobaldo la studia a fondo per sostenere il

tuttora in uso presso i tornitori, dove, sempre tramite ingranaggi, allo spostamento di un'asta di 1 mm risponde la deviazione di un indice su un quadrante di 100 divisioni.

[36]Galileo non mostra apprezzamento per la cospicua impresa strumentale del Brahe, e arriva perfino ad affermare di aver ottenuto buone misure del diametro apparente delle stelle traguardando a occhio nudo la collimazione tra le stelle e una corda tesa, cfr. G. Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi* (Galilei 1968, vol. VII, 388-389). In generale cfr. (Maccagni 1999).

proprio punto di vista su una polemica allora in atto e dimostrare così l'esistenza dell'equilibrio indifferente. La controversia oppone Guidobaldo, che difende l'equilibrio indifferente, al Cardano, Tartaglia e Giordano, e si svolge sia sul piano teorico,[37] sia attraverso test eseguiti con "bilancie" appositamente costruite per convincere in concreto chi manteneva obiezioni. Questa attenzione verso un problema d'equilibrio può sembrare puntigliosa, eccessiva, dettata da spirito polemico, eppure per Guidobaldo era un passaggio di fondamentale importanza nella scelta da lui intrapresa di elaborare una teoria delle macchine semplici tenendo conto anche dei risultati della pratica strumentale (Figura 10.14).

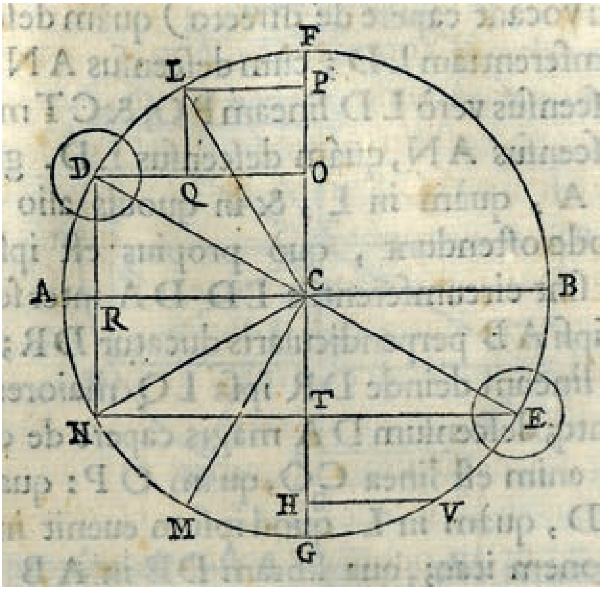


Figura 10.14: La libra. *Mechanicorum liber*, Pesaro 1577. Bibl. Oliveriana, Pesaro.

È solo operando con sistemi di leve e di carrucole reali, e non ideali, e cercando d'individuare i rapporti tra potenza e resistenza, che ci si rende conto che, per ottenere risultati numerici affidabili, occorre operare su sistemi meccanici prima disposti in equilibrio indifferente e poi caricati con i dovuti pesi. L'esistenza dell'equilibrio indifferente diventa una questione di radicale importanza.

[37]Cfr. il cap. I, prop. IV, del *Mechanicorum* che da sola occupa ben 51 pagine.

10.5.2 Sistemi di carrucole

La questione dell'equilibrio indifferente, oltre alle leve, riguarda le carrucole che Guidobaldo giustamente riconduce alla leva a bracci uguali, cioè alle libre di cui sopra.

Alla carrucola e ai sistemi di carrucole Guidobaldo dedica un intero capitolo, con 28 proposizioni e 17 corollari, nel quale vengono trattate tutte le combinazioni possibili sia di carrucole singole, sia di taglie a due o tre carrucole. Per stabilire con certezza le relazioni tra potenza e resistenza nelle diverse disposizioni Guidobaldo fa costruire, quasi certamente dall'officina urbinate degli strumenti scientifici, sistemi di carrucole estremamente precise, leggere e a bassissimo attrito. In una lettera a Giacomo Contarini, datata ottobre 1580,[38] Guidobaldo riporta alcuni interessanti particolari tecnici: "le girelle" vanno tornite con la massima precisione, devono essere di ottone, mentre gli assi "sottili sottili" vanno in ferro, la rotazione delle "girelle" deve avvenire "con un soffio" e senza oscillazioni sui perni, solo così questi strumenti sono in grado di fornire risultati esatti. "In somma questa è cosa sicurissima che la pratica con la theorica vanno sempre insieme."

È significativa la cura con cui Guidobaldo realizza i test sperimentali e il benefico intreccio tecnico-matematico che si attiva. Anche se egli non possiede la nozione di momento d'inerzia, tuttavia si rende conto di alcuni effetti dinamici. Ad esempio che le bilance piccole e a bracci leggeri sono molto più sensibili di quelle grandi e a bracci pesanti, conoscenza quest'ultima che egli consapevolmente trasferisce alle carrucole.[39] Spiega infatti Guidobaldo: "Perché le taglie grandi, che sono atte a levar gran pesi, non sono così buone a chiarirsi delle minutezze, sì come si mostra con esempio chiaro nelle bilancie che, per chiarirsi d'ogni minutia, bisogna tuor quelle piccoline da pesar li scudi, et non quelle di legno grande, che si pesano cose grosse come carne et simili, se ben tutte sono giuste."[40] Qui la principale raccomandazione è che gli strumenti siano più leggeri possibile.

10.5.3 La bilancia idrostatica

Mettendo in relazione i suoi studi sulla "libra" con la tradizione idrostatica archimedea, Guidobaldo espone nelle *Meditatiunculae*[41] un metodo per determinare mediante bilancia ed immersione in acqua, la densità di un corpo. Il problema

---

[38] *G. del Monte a G. Contarini*, Pesaro 9 ottobre 1580, in (Favaro 1899-1900).
[39] La questione compare già nei *Problemi meccanici* aristotelici, cfr. (Piccolomini 1565 [1545], quest. 9, 852a).
[40] *G. del Monte a G. Contarini*, lett. cit. (Favaro 1899-1900, 307).
[41] *Meditatiunculae*, ms. cit., c. 232. Il titolo dei tre fogli consecutivi dedicati al problema recita: "Gravitatum proportionem cuiuslibet gravis, humido gravius, ad humidum, libra notam reddere."

affrontato è il calcolo della densità relativa (o peso specifico) di un corpo che risulta dal rapporto tra il peso del corpo in aria e il peso del corrispondente volume d'acqua, quest'ultimo misurato tramite la diminuzione del peso del corpo una volta immerso in acqua.

La determinazione della densità di vari materiali—ferro, rame, argento, oro, mattoni, marmo—era stata in precedenza intrapresa, con un procedimento del tutto empirico, dal matematico bresciano Nicolò Tartaglia. Con una stadera Tartaglia pesava il corpo in aria e immerso in acqua, facendo poi il rapporto tra i valori numerici delle due pesate.[42] L'impostazione di Guidobaldo è completamente diversa perché, pur operando con una bilancia a due bracci, non esegue nessuna pesata, ma ricava la densità da un rapporto tra lunghezze. Questo gli è possibile perché tratta il problema secondo un metodo matematico-meccanico.

La bilancia di Guidobaldo è una leva di primo genere con fulcro in *B* e con i bracci *BC* e *BD* non necessariamente uguali, come del resto è nella stadera.

Infatti Guidobaldo non impone la condizione d'uguaglianza dei bracci *BC* e *BD*, gli basta supporre che il corpo *A* appeso in *C* di cui si vuole misurare la densità, e il peso *E*—appeso in *D*—per bilanciarlo, stiano in equilibrio, qualunque sia la distanza di *C* e di *D* dal fulcro *B* della bilancia. Una volta che il corpo *A* è immerso in acqua l'equilibrio viene meno. Il peso *E* viene, quindi, spostato verso il fulcro *B* fino al punto *F*, cioè fino al punto in cui si ripristina l'equilibrio. Guidobaldo dimostra che la densità relativa del corpo *A* corrisponde al rapporto *BD/DF* delle lunghezze. Se si mantiene la distanza *BC* fissa, appendendo sempre nello stesso punto il corpo di cui si vuole misurare la densità, questa relazione consente di tracciare sul braccio *BD* della bilancia una graduazione che indica direttamente i valori della densità. È evidente che con tale disposizione l'apparato diventa uno strumento per misurare una grandezza fisica, cioè una bilancia idrostatica.

È interessante notare la somiglianza della bilancia di Guidobaldo con la *Bilancetta*, opera giovanile di Galileo risalente al 1586, soprattutto nella parte dove entrambi in una lega oro-argento vogliono trovare la proporzione dei due metalli. Poiché tale proporzione è determinata tramite proporzione di lunghezze, sorge il problema di come misurare con precisione tali lunghezze; sia Guidobaldo che Galileo ricorrono all'espediente di derivazione tipicamente tecnica di avvolgere un filo sottilissimo intorno alle lunghezze da misurare, contando il numero delle spire: il rapporto è poi fatto tra i numeri di spire.[43]

Questa attività sperimentale ci porta ad alcune considerazioni. La libra, i sistemi di carrucole e la bilancia idrostatica, sono tra i primissimi strumenti costruiti da Guidobaldo per verificare e ricercare proprietà fisiche. Egli ha ben chiaro

[42] Cfr. (Tartaglia 1551) fogli non num., "secondo ragionamento" (Favaro 1916; Napolitani 1988).
[43] *Meditatiunculae*, ms. cit., c. 234. Cfr. (Galilei 1968, vol. I, 219-220).

che non è possibile una teorizzazione diretta degli apparati tecnici, e che bisogna procedere ricostruendo in modo opportuno tali apparati in modo da cogliere gli elementi essenziali richiesti dalla teoria, eliminando effetti collaterali. Questa è la "filosofia" della lettera al Contarini. Per il nostro la verità teorica dei sistemi meccanici è di natura fisico-matematica, per essere indagata ha bisogno dell'esperienza, riprodotta per via strumentale e letta matematicamente.

Il *Mechanicorum* sotto questo aspetto segna l'apertura della grande stagione meccanica seicentesca. Esso non va letto con l'occhio rivolto al dopo, ma piuttosto rivolto a cosa si poteva scrivere in una data "bassa" come il 1577. Ad esempio, per quanto attiene la matematica, è certamente vero che nell'ambito delle tradizionali attività tecniche essa veniva utilizzata più o meno correntemente, tuttavia la sua valenza non era metodologica e costruttiva, bensì ausiliaria, ossia vista come una "tecnica" da affiancare ad altre. Con il *Mechanicorum* indubbiamente questo secolare status inizia a cambiare. Qualunque sia il giudizio sulla percentuale di originalità dell'opera, resta il merito di essere stato il primo serio tentativo in materia.

10.6 Strumenti per la misura del tempo

10.6.1 Gli orologi solari a rifrazione

Vi sono evidenze documentali che attestano lo studio e la progettazione di Guidobaldo di alcuni particolari orologi solari detti a rifrazione. La più importante fonte storica a riguardo è quella fornitaci da Muzio Oddi nel suo testo sugli orologi solari del 1638. Nel capitolo dedicato agli orologi "co i raggi rinfranti," egli afferma:

> Tra quante cose belle, et ammirabili, che in proposito d'Horologi da Sole sono state ritrovate insino al giorno d'hoggi, nissuna è che per mio credere pareggi quella del farli nel concavo d'un vaso, con si fatto artifitio, che l'ombra non mostri l'hore giuste, se non quando è tutto ripieno d'acqua; non potendosi, non senza meraviglia vedere, che col fare i raggi rinfranti, storcere l'ombra del Gnomone, la dirizzano in parte, che ne faccia conoscere il vero. Chi di così curiosa cosa ne sia stato l'autore, non saprei darne certo notizia, non sapendo che nessuno de gl'Antichi n'habbia lasciato memoria alcuna: ben so de moderni, che l'anno 1572 l'illustrissimo Signor Guidobaldo de Marchesi del Monte ne fece fare uno da Simone Baroccio, eccellente artefice, in una mezza sfera d'Ottone, et hollo havuto nelle mani molto tempo, il quale servì poi come per modello d'uno, che d'ordine del Duca Francesco Maria Secondo, ne fu fabricato entro la tazza della

> fonte, che è nel giardino pensile del suo magnificentissimo palazzo d'Urbino, come si vede fino al giorno d'hoggi. E circa ai medesimi tempi Gio. Battista Benedetti publicò la sua Gnomonica nella quale [a margine: 1574] fece mentione con un particolare capitolo di questo istesso horologio; et un giorno parlandone io col Padre Christoforo Clavio in Roma, mi disse che Giovanni da Monteregio n'havea fatto uno ancor lui per un Prencipe d'Alemagna. Si conservano ancora presso di me alcuni fogli disegnati dal Commandino, che, per quanto ho potuto conietturare, giva cercando la ragione della varietà de gl'angoli delle refrattioni, non retirandosi uniformemente l'ombre fatte dal gnomone, quando il Sole è vicino all'orizzonte, da quando è alto da terra, benché habbia trascorso intervalli uguali, forse per comporre le tavole a questo effetto, non essendo le medesime, che quelle d'Alazeno e di Vitellione [a margine: Alaz. li. 7 prop. 11. Vitel. li. X prop. 8]. Né il Benedetti, né il Signor Guidobaldo lo fecero, ma solo accennarono il come si haverebbe a fare per comporle, e però la fabrica di questi Horologi, fino adesso, si riduce ad una mera pratica" (Oddi 1638, 99-102).

Il brano ci fornisce un buon numero d'informazioni sulla storia di questi orologi, nonché sul diretto coinvolgimento di Guidobaldo nella realizzazione di uno di questi. Secondo la testimonianza dell'Oddi, ricavata a sua volta da una confidenza del padre Cristoforo Clavio, questi particolari orologi, detti a scafea o a tazza, erano già in uso nella seconda metà del Quattrocento. Tuttavia fino ad oggi nessun strumento firmato o attribuibile a Regiomontano, né databile al XV secolo è stato rinvenuto. I primi strumenti a noi noti sono quelli fabbricati nella prima metà del XVI secolo dal costruttore tedesco Georg Hartmann (1489–1564).[44] Secondo Sven Dupré (2003) dopo Hartmann lo studio di questi strumenti in Italia venne fortemente incentivato da Ettore Ausonio, medico, costruttore di strumenti scientifici e matematico dell'Accademia Veneziana della Fama. Alcuni suoi manoscritti riportano infatti studi, descrizioni e proposte di vendita di orologi solari a rifrazione (Dupré 2003, 56–58). Nel ducato d'Urbino, come ci ricorda l'Oddi nel brano citato, i primi studi sulla rifrazione si ebbero con il Commandino[45]. Quasi certamente Guidobaldo apprese dal suo maestro l'interesse verso questi

[44] Di questo costruttore si conoscono solo tre strumenti molto simili tra loro: due di questi, datati 1547, sono in Spagna rispettivamente presso il *Museo de Santa Cruz* di Toledo e presso il *Museo Nacional de Ciencia y Tecnologia* di Madrid; il terzo, datato 1548, è conservato presso la *Collection of Historical Scientific Instruments* della Harvard University.

[45] Dupré ipotizza che il Commandino venne stimolato su questi argomenti dall'Ausonio; in effetti entrambi studiarono medicina a Padova tra il 1540 e il 1545 ed ebbero rapporti con l'Accademia della Fama. La loro diretta conoscenza è comprovata da un paio di lettere conservate presso la biblioteca Ambrosiana di Milano.

particolari orologi solari. Inoltre alcune sue opere perdute, e precisamente il *De horologijs* e il *De radiis in aqua refractis*, entrambe citate da Orazio del Monte nella lettera a Galileo del 16 giugno 1610, attestano un più diretto coinvolgimento di Guidobaldo verso questo genere di studi.

10.6.2 L'orologio a calice

Il brano dell'Oddi c'informa che nel 1572 era stato progettato da Guidobaldo e fatto costruire da Simone Barocci "in una mezza sfera d'ottone" un orologio solare a rifrazione. Una descrizione dello strumento ci è anche fornita da Bernardino Baldi in un epigramma dal titolo "Sopra un orologio da sole oprato con acqua del P. Guido Baldo de' Marchesi del Monte" e che così recita:

"Non è tazza di Bacco e di Fileno / Quel che là vedi concavo emispero; / Orologio è ch'al sol dimostra il vero, / Se fin'a l'orlo è di bell'onda pieno / Ha dunque doppio il vaso in sé calore, / Poi ch'à labri dà il fonte, agli occhi l'ore."[46]

Si trattava quindi di un orologio solare portatile, forgiato a calice, che aveva sulla sua superficie interna sia l'incisione del tracciato delle ore, sia uno stilo fisso, inclinato rispetto al piano orizzontale di un angolo pari alla latitudine del luogo per il quale l'orologio era stato progettato; esso veniva riempito d'acqua fino all'orlo in modo tale che la punta dello gnomone potesse raggiungere la superficie dell'acqua. La descrizione del Baldi non fa cenno della piccola bussola che generalmente accompagnava lo strumento e che permetteva il corretto orientamento dell'orologio. La lettura dell'ora avveniva osservando sul fondo della tazza la proiezione dell'ombra dello gnomone. Il Museo Galileo di Firenze possiede un orologio a rifrazione che è stato recentemente attribuito da Filippo Camerota (2003) al binomio del Monte-Barocci (Figura 10.15).

Esso porta nel coperchio della piccola bussola un disegno floreale, simbolo araldico della famiglia della Rovere. Lo strumento fiorentino era presente nella collezione medicea sin dagli anni 1570–72 (inventario della Guardaroba di Cosimo I), probabilmente dono del duca di Urbino a Cosimo I de Medici. Camerota ipotizza che, stante la certezza quasi assoluta della provenienza urbinate, l'orologio del museo fiorentino possa essere un altro rispetto a quello citato dal Baldi del 1572. La costruzione di più calici a rifrazione provenienti dal binomio del Monte-Barocci risulta molto plausibile. Francesco Maria II in un suo appunto datato 4 giugno 1601 scriveva: "Mandai alla contessa di Lemos viceregina di Napoli un quadro di pittura, un horologgio fatto a vaso et una cagnina levriera senza pelo" (Sangiorgi 1989, 117). Una ulteriore conferma ci è data da un "Registro dei

[46](Baldi 1914). L'epigramma citato è il n. 375, vol. I, p. 82. L'esistenza dell'opuscolo di Guidobaldo sugli orologi solari a rifrazione è confermata anche da una nota in un manoscritto anonimo di architettura militare, cfr. BOP, ms. 198, c. 146v.

Figura 10.15: Orologio solare a rifrazione attribuito al binomio del Monte-Barocci. Museo Galileo, Firenze.

conti privati della famiglia del Monte di Monte Baroccio (1630–1650)" dove risulta che, nell'anno 1634, si era proceduto alla vendita di "un bichiero a guisa d'horologgio."[47]

10.6.3 L'orologio-fontana a rifrazione

La seconda informazione riportata nel brano dell'Oddi riguarda un'importante orologio-fontana, collocato nel Giardino pensile del Palazzo ducale di Urbi-

[47] La notizia è riportata in (Gamba 1994, nota 34). Gli oggetti di Guidobaldo, ed in particolare l'orologio, vennero contrattati per l'acquisto da Muzio Oddi. Scrive l'Oddi al Giordani: "Già scrissi al signor Piermatteo che vedesse di recattare tutti quei libri che erano del signor Guidobaldo, e si comprassero a conto mio a ogni prezzo, e così anco i suoi strumenti e particolarmente quell'horologio coi raggi rinfranti, desiderarei ancora qualche aviso di ciò che si può sperare del feudo di Monte Baroccio," Lucca, 6 settembre 1634, *lettera di Muzio Oddi a Camillo Giordani*, Biblioteca Oliveriana, Pesaro, ms. 413, cc. 231r–231v.

no. Come vedremo il medesimo giardino presenta ancor oggi un orologio-fontana (mancante dello gnomone) ancorché la sua tipologia sia differente da quella descritta dall'Oddi. Stando alle parole di quest'ultimo si trattava di una bella fontana in pietra che, durante il periodo di Francesco Maria II, venne trasformata in orologio solare a rifrazione. L'Oddi non menziona esplicitamente l'artefice della trasformazione, ma ciò può forse spiegarsi con la non diretta conoscenza dei fatti di corte stante il suo lungo esilio da Urbino.[48] Quanto all'anno della trasformazione,[49] non abbiamo informazioni precise. Da una descrizione del Giardino pensile fornita da Bernardino Baldi e datata 1587, sappiamo che la fontana in quella data ancora non funzionava come orologio.[50] Dunque la trasformazione avvenne tra il 1587 e il 1631, anno di morte dell'ultimo duca di Urbino,[51] tuttavia considerando che la data di morte di Guidobaldo è il 1607, è ragionevole supporre che la fontana venne trasformata in orologio prima di quella data, se costruita dal binomio del Monte-Barocci. Dopo la morte di Simone Barocci l'officina meccanica urbinate passa nelle mani di Lorenzo Vagnarelli (1584–1675) ed è a quest'ultimo che dovremmo probabilmente ricondurre il tracciato dell'orologio qualora la trasformazione sia avvenuta tra il 1608 e il 1631. Circa il metodo utilizzato per tracciare le linee esso era del tutto empirico: in base alle regole di gnomonica si disegnava l'orologio solare; di notte, simulando le posizioni del Sole, si sospendeva una lanterna in modo da far coincidere l'ombra dello gnomone con una data ora; si riempiva la fontana d'acqua trovando così la posizione che l'ombra rifratta assumeva. Si tenga conto che l'ora veniva indicata dall'ombra della punta dello gnomone (Figura 10.16).

Come già accennato un orologio-fontana in pietra fa ancora oggi bella vista nel centro del Giardino pensile del Palazzo ducale di Urbino. Sul fondo della vasca, approssimativamente di forma semiellittica, sono ancora visibili le incisioni delle linee orarie, in tutto tredici, dalla undicesima alla ventitreesima ora italica, attraversate dalla linea equinoziale e da quella meridiana. L'intero tracciato, tuttavia, per la sua estensione geometrica non sembra essere quello tipico di un

[48] Le predette assenze furono dovute per buona parte all'accumulo di vari contenziosi giudiziari con il duca che gli procurarono carcerazione ed esilio dal 1601 al 1637.

[49] L'occasione probabilmente potrebbe essersi presentata per la rottura del sistema idrico del giardino pensile che alimentava la suddetta fontana.

[50] Il Baldi era un esperto di orologi solari, sui quali aveva scritto un trattato, se la trasformazione fosse già avvenuta probabilmente l'avrebbe segnalata.

[51] A proposito di Francesco Maria II, Alexander Marr ha recentemente segnalato una lettera di Muzio Oddi inviata prima dell'agosto del 1612 a Pier Matteo Giordani nella quale lo scienziato urbinate, oltre a manifestare l'intenzione di voler pubblicare l'opuscolo *Degl'horologi coi raggi rinfranti nell'aqua* scritto da Guidobaldo—intenzione mai realizzata per l'opposizione del figlio di Guidobaldo, Orazio—, afferma che Guidobaldo inventò quegli orologi "per servire al serenissimo nostro Padrone," cioè Francesco Maria II; cfr. Biblioteca Oliveriana, Pesaro, ms. 413, cc. 7r–8v.

Figura 10.16: L'orologio solare-fontana del Giardino pensile del Palazzo ducale di Urbino. Soprintend. BB. SS. AA., Urbino.

orologio solare a rifrazione[52] bensì di un orologio a secco.[53] Riempiendo d'acqua il catino della fontana ed osservando ad esempio la linea oraria ventitreesima (quella del tramonto essendo ore italiche) tale linea risulta posizionata immediatamente al di sotto della superficie libera dell'acqua, ossia è molto vicina al bordo del catino, come si vede a destra nella figura. È evidente che su tale linea l'ombra rifratta della punta di un qualsiasi gnomone posto sott'acqua non potrebbe mai arrivare. Alla luce di queste considerazioni[54] si può ragionevolmente avanzare l'ipotesi che l'attuale fontana-orologio non sia quella descritta dall'Oddi, ma un'altra, forse già allora posizionata in un diverso luogo del Palazzo.

Riferimenti

Baldi, B. (1914). *Gli epigrammi inediti, gli apologhi, le ecloghe*. Lanciano: R. Carabba.

Bartoli, C. (1564). *Cosimo Bartoli gentil'huomo et accademico fiorentino, del modo di misurare le distantie, le superficie, i corpi, le piante le provincie, le prospettive*. Venezia: Francesco Franceschi.

[52] A questo proposito è sufficiente analizzare gli orologi dell'Hartmann per rendersene conto.

[53] Su questo importante aspetto siamo debitori all'astronomo Lino Colombo per averci fornito adeguate informazioni a riguardo.

[54] A nostra conoscenza, fino ad oggi, si è sempre identificato l'attuale orologio-fontana del giardino pensile con quello descritto dall'Oddi nel brano del 1638.

Brahe, T. (1598). *Tychonis Brahe astronomiae instauratae mechanica*. Wandesburg.

Camerota, F. (2003). Two New Attributions: A Refractive Dial of Guidobaldo del Monte and the "Roverino Compass" of Fabrizio Mordente. *Nuncius* XVII: 25–37.

Castrioti, F. (1564). *Della fortificatione della città libri III*. Venezia: Rutilio Borgominieri.

Commandino, F. (1558). *Federici Commandini urbinatis in Planisphaerium Ptolemaei commentarius*. Venezia: Aldo Manuzio.

— (1562). *Claudii Ptolemaei liber de Analemmate a Federico Commandino Urbinate instauratus et commentariis illustratus. [...] Eiusdem Federici Commandini liber de Horologiorum descriptione*. Roma: Paolo Manuzio.

Digges, L. and T. Digges (1571). *A Geometrical Practise Named Pantometria*. London: H. Bynneman.

Dupré, S. (2003). The Dioptrics of Refractive Dials in the Sixteenth Century. *Nuncius* XVIII:39–67.

Dürer, A. (1532). *Albertus Durerus [...] versus e Germanica lingua in Latinam, pictoribus, fabris erariis ac lignariis, lapicidis, statuariis, et vniuersis demum qui circino, gnomone, libella, aut alioqui certa mensura opera sua examinant prope necessarius, adeo exacte quatuor his suarum Institutionum geometricarum libris, lineas, superficies et solida corpora tractauit*. Paris: apud Christianum Wechelum.

Favaro, A. (1899-1900). Due lettere inedite di Guidobaldo del Monte a Giacomo Contarini. *Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti* LIX:307–310.

— (1916). Nicolò Tartaglia e la determinazione dei pesi specifici. *Commentarii dell'Ateneo di Brescia*:3–6.

Galilei, G. (1968). *G. Galilei, Le opere*. Ed. by A. Favaro. Florence: Barbera.

Gamba, E. (1994). Documenti di Muzio Oddi per la storia del compasso di riduzione e di proporzione. *Physis* XXXI:799–815.

Libri, G. (1838-1841). *Histoire des sciences mathématiques en Italie depuis la renaissance des lettres jusqu'à la fin du dix-septième siècle*. Paris: Renouard.

Maccagni, C. (1999). La cosmologia di Galileo. In: *Principio di secol novo*. Pisa: Cassa di Risparmio di Pisa, 67–93.

Monte, Guidobaldo del (1577). *Mechanicorum liber*. Pesaro: Hieronymum Concordiam.

— (1579). *Planisphaeriorum universalium theorica*. Pesaro: Girolamo Concordia.

— (1600). *Perspectivae libri sex*. Pesaro: Girolamo Concordia.

Monte, Guidobaldo del (1609). *Problematum astronomicorum libri septem*. Venezia: Bernardo Giunti, Giovanni Battista Ciotti e soci.

Napolitani, P. D. (1988). La geometrizzazione della realtà fisica: il peso specifico in Ghetaldi e in Galileo. *Bollettino di storia delle scienze matematiche* 2: 139–237.

Oddi, M. (1625). *Dello squadro trattato di Mutio Oddi da Urbino*. Milano: Bartolomeo Fobella.

— (1633). *Fabrica et uso del compasso polimetro*. Milano: Francesco Fobella.

— (1638). *De gli orologi solari trattato di Mutio Oddi da Urbino*. Venezia: Ginammi.

Piccolomini, A. (1565 [1545]). *In mechanicas quaestiones Aristotelis paraphrasis*. Venezia: Traianum Curtium.

Rose, P. L. (1970). Renaissance Italian Methods of Drawing the Ellipse and Related Curves. *Physis* XII:399–400.

— (1975). *The Italian Renaissance of Mathematics*. Genève: Droz.

— (1976). Jacomo Contarini (1536-1595) a Venetian Patron and Collector of Mathematical Instruments and Books. *Physis* XVIII:117–130.

Sangiorgi, F. (1989). *Diario di Francesco Maria II della Rovere*. Urbino: Quattroventi.

Stevin, S. (1605-1608). *Mémoires mathématiques*. Leyde: chez Jan Paedts Jacobsz.

Tartaglia, N. (1551). *Regola generale da sulevare con ragione e misura non solamente ogni affondata nave, ma una torre solida di mettallo, trovata da Nicolò Tartaglia, delle discipline mathematiche amatore, intitolata la Travagliata invenzione*. Venezia: Nicolò Bascarini.

— (1556-1560). *General trattato di numeri e misure*. Venezia: Curzio Troiano.

— (1560). *Quinta parte del general trattato de numeri et misure di Nicolò Tartaglia*. Venezia: Curzio Troiano.

III. Architecture and Mechanics

Chapter 11
"...zoticamente non intendendo le Mechaniche". La *scientia aedificandi* ai tempi di Guidobaldo del Monte

Antonio Becchi

11.1 Rischi e competenze

Tra la fine del XVI e l'inizio del XVII secolo manoscritti e testi a stampa presentano i temi e le contraddizioni che occuperanno il dibattito sui rapporti tra meccanica e architettura sino al Novecento. Nuovi saperi prendono forma e nell'arco di pochi anni si assiste ad un cambiamento di prospettiva che fa apparire improvvisamente superate opere che sino a poco prima sembravano di frontiera. La distanza che separa la prima edizione latina (e la seconda italiana) del commento di Daniele Barbaro al *De architectura* vitruviano[1] dall'*Idea dell'architettura universale* di Vincenzo Scamozzi (Scamozzi 1615) non è meno rilevante di quella che divide il *Mechanicorum liber* di Guidobaldo del Monte (Monte 1577) dalle opere galileiane elaborate negli anni padovani e nel periodo successivo. Per molti aspetti la relazione tra il prima e il dopo è stretta ed evidente, per altri le parole e le immagini indicano orizzonti di pensiero in rapida mutazione. La differenza tra i due campi d'indagine è tuttavia notevole: mentre l'opera di Scamozzi può essere considerata, nell'ambio dell'architettura, l'ultima grande impresa trattatistica di stampo rinascimentale, le opere di Galileo segnano invece un nuovo inizio, pur nei loro profondi legami con la letteratura precedente. Si potrebbe dire che nel campo architettonico-costruttivo uno strumento come il telescopio "galileiano" non era ancora stato inventato e che proprio i telescopi, nella loro fisicità, confermavano questo ritardo. Quando questi assunsero dimensioni notevoli, infatti, il problema principale e più urgente non fu ottico-astronomico, ma meccanico-strutturale, e le disavventure non mancarono, con clamorosi schianti e cocenti delusioni. La lunga trave strallata rappresentava un delicato sistema statico che metteva a dura prova le competenze degli artigiani dell'epoca, la macchina necessitava virtù e conoscenze (resistenza dei materiali, analisi delle condizioni di vincolo, etc.) che non

[1] Cfr. (Barbaro 1567a e 1567b). La prima edizione del commento di Barbaro era stata pubblicata nel 1556 (Barbaro 1556).

erano ancora a disposizione e che lasciavano ampi margini di rischio.[2] Sono le stesse competenze che faranno la differenza nel rapporto meccanica-architettura qualche decennio più tardi, con lo sviluppo degli studi sulla *resistentia solidorum* e sulla meccanica strutturale.

11.2 Muri, macchine, stadere

Nel campo intermedio della meccanica applicata all'architettura l'accelerazione sopra segnalata assume dunque connotati più sfumati. La difficoltà di leggere la costruzione architettonica in termini meccanici risulta evidente in tutta la letteratura dell'epoca. Già i manoscritti di Leonardo da Vinci, qualche decennio prima, avevano indicato, pur nella loro eccezionalità, i dubbi dell'architetto nell'interpretare una lesione, un cedimento di fondazione, un crollo improvviso, oppure nel valutare la resistenza di una trave, di un muro, di una volta. Alla fine del Cinquecento molto restava ancora da chiarire al riguardo, ma quello che non era compiuto dal punto di vista teorico era ben chiaro sul fronte delle regole dell'arte.

Sulla base di un sapiente *saper fare* si stavano infatti realizzando alcune tra le più notevoli costruzioni architettoniche del Rinascimento, particolarmente interessanti dal punto di vista statico-costruttivo. Si pensi alla (ri)costruzione del ponte Santa Trinita (1567–1570) a Firenze, del ponte di Rialto a Venezia (1588–1591), della Fleischbrücke (1596–1598) a Nürnberg, oppure alla costruzione della cupola di S. Pietro[3] a Roma (serrata nel 1589). Opere legate a lunghi dibattiti, a discussioni dotte, a considerazioni nelle quali gli interrogativi "meccanici" non potevano non avere un peso rilevante e che nel contempo richiedevano risposte operative affidabili, concrete, tempestive. È quello che cerca di offrire, ad esempio, Giovanni Antonio Rusconi in occasione delle perizie sul palazzo Ducale di Venezia (semidistrutto da un incendio nel Dicembre 1577), dove si esercita, tra gli altri, Andrea Palladio, che nel 1570 aveva pubblicato i *Quattro libri dell'architettura* (Palladio 1570). Impegnato negli stessi anni a scrivere un trattato di architettura che vedrà la luce solo in versione parziale e postumo (Rusconi 1590), Rusconi basa le sue considerazioni meccaniche su un modello ben noto, assimilando il Palazzo ad una stadera. La sua perizia è impostata intorno ad un preciso

[2]Uno dei più lunghi telescopi, costruito a Danzica su progetto di Hevelius, misurava quarantacinque metri. È raffigurato nell'opera (Hevelius 1673, Figg. AA e BB). Su questi e altri aspetti della storia del cannocchiale cfr. (Strano 2008). In quest'ultimo volume, nella sezione intitolata *Riprodurre il telescopio di Galileo* (pp. 58-61) curata da Jim e Rhoda Morris, si descrive la struttura del telescopio che Galileo donò a Cosimo II (datato 1610 ca.).

[3]Cfr., ad esempio, per il ponte Santa Trinita (Belluzzi and Belli 2003), per il ponte di Rialto (Calabi and Morachiello 1987), per la Fleischbrücke (Kaiser 2005) e per la cupola di S. Pietro (Satzinger and Schütze 2008).

riferimento meccanico (probabilmente all'epoca tutt'altro che inusuale anche se le fonti scritte in proposito sono laconiche) al fine di valutare la stabilità dei muri e dei solai compromessi dall'incendio. Nella scrittura giurata del 1 Febbraio 1578 Rusconi afferma (Zorzi 1956-1957, 169-170): "Quanto poi il slamar,[4] il detto muro, dico similmente essere impossibile, prendendo essempio dalla stadera (…) con questo esempio se somigliaremo il Palazzo alla stadera, troveremo in lui le medesime parti, che habbiamo nominato in lei, et saranno tali. Diremo prima che l'oncino sarà in quello luogo del terrazzo del gran Consiglio (…)." La biografia dell'*inzegnero* Rusconi,[5] che era stato allievo di Niccolò Tartaglia, era entrato in contatto con Girolamo Cardano[6] e aveva studiato con cura Vitruvio, esemplifica bene i fermenti di un sapere ancora in nuce, sprovveduto sul fronte dell'attrezzatura matematica e dell'interpretazione in termini di *resistentia solidorum*, ma ormai molto avanzato nell'affinamento delle regole applicate alla prassi costruttiva.

Altri autori, ai quali si devono pregevoli scritti di architettura, non offrono indicazioni più approfondite e le considerazioni sulla stabilità e la resistenza della fabbrica solitamente non superano la soglia del semplice cenno. Nel caso delle cupole descritte da Scamozzi e dell'analogia dell'uovo da lui proposta,[7] il riferimento non va oltre il promettente rinvio, utile ad indicare un campo di indagine e alcuni paletti di riferimento, ma insufficiente a trasformare una felice intuizione in un ragionamento meccanico compiuto.

A questo problema storico si aggiunge un problema storiografico. Le fonti che consentirebbero di stabilire una connessione convincente tra conoscenze meccaniche e costruzione architettonica sono ancora oggi in gran parte da studiare, in molti casi, probabilmente, da scoprire (o riscoprire). Se i più tardi *Discorsi e dimostrazioni matematiche* di Galileo (G. Galilei 1638) valgono come pietra miliare, la strada sulla quale segnare i punti di svolta precedenti è tutt'altro che chiara. Per questa ragione la letteratura contemporanea si è soffermata a lungo e volentieri sulle esperienze galileiane del periodo padovano e, in particolare, sulle attività legate all'Arsenale veneziano (sulla scorta del celebre incipit dei *Discorsi e dimostrazioni matematiche*). Analogo interesse ha suscitato un contributo gio-

[4] Zorzi chiarisce in nota questa espressione: "Nel dialetto veneto, 'slamar' significa, slittare, scivolare;" cfr. (Zorzi 1956-1957, 168, nota 8).

[5] Su Rusconi vedi (Piasentin 1978-1979; Bedon 1983; 1996).

[6] Cfr. (Tartaglia 1546, libro IX, Quesito XXXVIII, 126 v). Il Quesito corrisponde ad una lettera a Girolamo Cardano del 4 Agosto 1539. Rusconi viene citato anche in altri passi dell'opera di Tartaglia.

[7] "Questa forza, & egualità della Volta à Cupola la potiamo conoscere anco con l'esperienza delle cose naturali, e specialmente dal vuovo; il quale per sua natura havendo un scorzo cosi sottile, e debole, niente di meno non è forza humana, che lo possi rompere, come disse anco Plinio; perche strignendolo per il capo, e punta, che dimostrano i Volti di mezo cerchio, ò apuntati, & i suoi lati quelli scemi, ò manco, che di mezo cerchio; come si può trarre anco da Alessandro Affrodiseo: e noi habbiamo fatto prova, che tre vuova fernate in piedi sù una tavola, conun poco di cera da ambi i capi, hanno sostenuto il peso d'un mortaio di metallo di più di 150. libre di peso" (Scamozzi 1615, Parte II, Libro VIII, 320).

vanile dello stesso Galileo, il testo delle due lezioni tenute all'Accademia fiorentina "circa la figura, sito e grandezza dell'Inferno di Dante" (1587–1588). Su questo scritto si è anzi scatenato un curioso eccitamento storiografico, che corrisponde bene all'apparente mancanza di altre fonti sul tema.[8]

In realtà la dissertazione sull'Inferno dice ben poco sulla *resistentia solidorum* e sulla meccanica delle strutture, quanto scrive Galileo non esula da un sapere all'epoca ampiamente condiviso. I due passi che più direttamente toccano l'argomento meccanica-architettura, estratti dalla seconda lezione, lo confermano:[9]

> Ma lasciamo stare l'architettura, e veggiamo se tal fabbrica può reggersi, che, al parer mio, troveremo non potere; perché, ponendo esso che il burrato si alzi su con le sponde equidistanti tra di loro, si troveranno le parti superiori prive di sostegno che le regga, il che essendo, indubitatamente rovineranno: perciò che, essendo che le cose gravi, cadendo, vanno per una linea che dirittamente al centro le conduce, se in essa linea non trovano chi le impedisca e sostenga, rovinano e caggiono. Se dunque sopra questa buca puntano e si sostengono le altre rocce, è necessario che le mura che le deono sostenere non siano fuori del perpendicolo che tende al centro. Questo inconveniente non è nell'architettura del Manetti.

Più avanti Galileo affronta il problema della grande copertura del cono infernale, che al suo centro sostiene Gerusalemme:

> Qui ci potrebbe essere opposto che né l'Inferno si deve credere esser così grande come il Manetti lo pone; essendo che, sì come alcuni hanno sospettato, non par possibile che la volta che l'Inferno ricuopre, rimanendo sì sottile quant'è di necessità se l'Inferno tanto si alza, si possa reggere, e non precipiti e profondi in esso Inferno; e massime, oltre al rimanere non più grossa dell'ottava parte del semidiametro, che sono miglia 405 incirca, essendovi ancora da levarne

[8] G. Galilei, *Due lezioni all'Accademia Fiorentina circa la figura, sito e grandezza dell'Inferno di Dante*, in (G. Galilei 1968, vol. IX, 31-46 e 47-57), nuova ristampa dell'edizione nazionale curata da Antonio Favaro (1890–1909). Le due lezioni sono facilmente reperibili online, ad esempio nel sito www.liberliber.it. Per le analisi critiche cfr. (Settle 2001 e 2002; Lévy-Leblond 2006; Galileo Galilei 2011; Peterson 2002); quest'ultimo testo è disponibile in versione digitale in www.mtholyoke.edu/courses/mpeterso/galileo/scaling8.pdf. Le *due lezioni* sono state oggetto recentemente di alcune rappresentazioni teatrali e multimediali, cfr. Antonella D'Aloisio, *Varcare la soglia dell'Inferno. Architetture, proporzioni matematiche, immagini simboliche, virtuali e digitali delle "Due lezioni all'Accademia Fiorentina circa la figura, sito e grandezza dell'Inferno di Dante" di Galileo Galilei (1588) e di "Galileo all'Inferno" di Studio Azzurro (2006-2008)*, pubblicato il 19 giugno 2009 nel sito "Margine, Soglia, Confine, Limite," http://solima.media.unisi.it/interventi.htm.

[9] Cfr. (G. Galilei 1968, vol. IX, 52-53 e 54-55).

> per lo spazio della grotta degli sciagurati, ed essendoci molte gran profondità di mari. Al che facilmente si risponde, che tal grossezza è suffizientissima: perciò che, presa una volta piccola, fabricata con quella ragione, se arà di arco 30 braccia, gli rimarranno per la grossezza braccia 4 in circa, la quale non solo è bastante, ma quando a 30 braccia di arco se gli desse un sol braccio, e forse $\frac{1}{2}$, non che 4, basteria a sostenersi; onde, sapendo noi che pochissime miglia, anzi che meno di un sol miglio, si profondano i mari, se creder doviamo a i più periti marinari, e potendo assegnare quante miglia ci pare per la grotta de gli sciagurati, non essendogli data dal Poeta determinata misura, quando ancora ponessimo tra questa e la profondità de i mari importare 100 miglia, nulla di meno rimarrà detta volta grossissima, e più assai che non è necessario per sostenersi.

Alcuni studiosi hanno cercato di assegnare un particolare significato a queste pagine giovanili[10], ma le riflessioni presentate da Galileo nelle *Lezioni* hanno soprattutto il merito di sottolineare il carattere vago e impreciso della meccanica applicata all'architettura, gli spunti "costruttivi" non fanno altro che reagire a precise contestazioni legate ai commenti precedenti ("essendo che, sì come alcuni hanno sospettato"). Molti avevano già scritto sull'architettura dell'Inferno dantesco oltre ad Antonio Manetti e Alessandro Vellutello, ai quali Galileo dedica le sue attenzioni per esplicita richiesta dell'Accademia: Pierfrancesco Giambullari, ad esempio, aveva presentato alla stessa Accademia fiorentina alcune considerazioni (1551) che trattavano anche questo tema e nel 1568 era stato pubblicato il volume *Dante con l'espositione di M. Bernardino Daniello da Lucca*, che contiene una raffigurazione molto suggestiva dell'Inferno.[11] Quanto scrive Galileo è solo un buon indizio di quelle che dovevano essere le "opinioni comuni" dell'epoca: per i muri ci si affida alla perpendicolarità, per le volte a semplici considerazioni sul rapporto tra la luce e lo spessore in chiave, oltre a rischiose similitudini strutturali. Temi che torneranno nel lavoro della maturità dello scienziato pisano con ben altri accenti e sviluppi. Si trattava, infatti, di superare il tranello delle troppo facili analogie e delle suadenti "leggi di proporzionalità," correndo il rischio di essere fraintesi. Un'incomprensione che Galileo sperimenterà nel carteggio con Antoine de Ville, quando a proposito degli argomenti che saranno affrontati nei *Discorsi e dimostrazioni matematiche* (in particolare del problema se "le macchine che riescono in piccolo, riusciranno anche in grande") scriverà che "conviene che io

[10]Peterson scrive con una certa enfasi (Peterson 2002, pagina 2 del testo online): "I will show that the key to much of what is strange in *Two New Sciences* is to be found in two rather neglected early lectures given by Galileo on the shape, location, and size of Dante's Inferno."

[11]Cfr. (Giambullari 1551), vedi anche (Giambullari 1544; Daniello 1568). Su questi temi e sulla relativa iconografia cfr., tra gli altri, (Malke 2000; Engel 2006).

confessi di non aver saputo spiegare il mio concetto con quella evidenza che è necessaria per ben dichiararsi, e massime quando si arrecano proposizioni remote dalle opinioni comuni. Dico per tanto che l'intenzione mia fu molto diversa, anzi del tutto contraria al senso che V.S. ne ha cavato."[12]

In precedenza altri autori avevano offerto spunti sparsi sull'argomento, che avrebbero potuto aiutare a trovare una soluzione, ma che non vennero raccolti e messi a frutto sino all'inizio del XVII secolo. I riferimenti classici sui quali meritava indagare e che poi si riveleranno decisivi per la moderna impostazione dei problemi di meccanica strutturale erano le opere di cinque autori, intensamente studiati e commentati nel corso del Rinascimento: Aristotele, Euclide, Archimede, Erone alessandrino, Pappo. Lo stesso gruppo di illustri classici che nella seconda metà del Cinquecento è al centro degli interessi della scuola di Urbino, avviata da Federico Commandino. Da quegli autori e dalle rispettive opere prendono le mosse le ricerche di Guidobaldo del Monte per il *Mechanicorum liber*, che esce nello stesso anno dell'incendio del Palazzo Ducale di Venezia. Rusconi non aveva bisogno di pensare a quel testo adottando la stadera come chiave interpretativa della perizia strutturale: la bilancia e le sue proprietà "da cantiere" erano ben note, descritte e raffigurate nella migliore trattatistica, in particolare nelle varie rielaborazioni del libro decimo del *De architectura* di Vitruvio, dedicato alla *machinatio*. Nel seguito, tuttavia, molti altri guardarono all'opera di Guidobaldo con grande interesse, grazie alla traduzione italiana curata da Filippo Pigafetta (Monte 1581) a stretto contatto con lo stesso Guidobaldo. Pigafetta aveva intuito la potenzialità del nuovo approccio ai problemi meccanici (non solo alle macchine in senso stretto) e per ciò che riguarda l'architettura doveva averne avuto una splendida conferma alcuni anni dopo il suo lavoro di traduzione, all'epoca del trasporto dell'obelisco vaticano (1585–1586).

La celebre *trasportatione* realizzata da Domenico Fontana può anzi essere assunta a paradigma del dibattito tecnico-scientifico dell'epoca intorno alla macchina-architettura. Molti seguirono la vicenda, almeno a partire dal concorso di idee voluto da papa Sisto V, preceduto dal *Trattato di Camillo Agrippa Milanese di trasportar la guglia in su la piazza di San Pietro* (Agrippa 1583). Moltissimi accorsero a Roma per vedere la *gran macchina* utilizzata per il sollevamento dell'obelisco e per seguirne la traslazione, durata cinquecento giorni. La pubblicazione del volume in folio dedicato alla *trasportatione*, curato dallo stesso Fontana (Fontana 1590), diede poi fama imperitura alla spettacolare impresa.

[12] G. Galilei, Lettera ad Antoine de Ville, Arcetri, Marzo 1635. Cfr. (G. Galilei 1968, vol. XVI, 196). Fulgenzio Micanzio descrive la personalità di Antoine de Ville in una lettera a Galileo del 24 Febbraio 1635. Cfr. (G. Galilei 1968, vol. XVI, 217-218): "Questo è un gentill'huomo Francese, ingegnero qui, e, per quello posso conoscere, molto intelligente non solo nelle mecaniche, ma in tutte le scienze mathematiche et prattico ne' buoni authori, ma, come quelli che sanno, ingenuo."

Anche Pigafetta si trova a Roma in quel periodo, come Vincenzo Scamozzi al seguito di una delegazione veneziana (capeggiata da Marc'Antonio Barbaro), che aveva l'incarico di rendere omaggio al nuovo pontefice, Sisto V. Al trasporto sono dedicati appunti non di circostanza nell'opera *Discorso di M. Filippo Pigafetta d'intorno all'historia della Aguglia & alla ragione del muoverla* (Pigafetta 1586), dove Pigafetta cerca di fare chiarezza storica (molte le fonti precedenti da lui citate) tra le opere di coloro che agiscono "zoticamente non intendendo le Mechaniche" (Pigafetta 1586, carta B1r). Nella sua traduzione del *Mechanicorum Liber* di Guidobaldo (Monte 1581) egli aveva già sottolineato le azioni di colui "che si trova dotato d'ingegno acuto, e da fanciullo hà incominciato ad apprendere le già dette scienze, e sa disegnare, e lavorare di sua mano," naturalmente per esaltare la figura dell'artefice che "potrà nel vero ottimo Meccanico, e inventore, e facitore di opere meravigliose riuscire."[13] Il breve *Discorso* (Pigafetta 1586) è scritto all'indirizzo di Giulio Savorgnano, conte di Belgrado, che aveva chiesto di essere tenuto informato sull'andamento della *trasportatione* e sui dettagli dell'esecuzione.[14] Nel laboratorio costruito nel castello di Osoppo Savorgnan—stimato ingegnere militare della Repubblica veneziana ritiratosi a vita privata dopo la battaglia di Lepanto—aveva creato una particolare *Wunderkammer*, ovvero "un magazino di machine bellicose, et da mover pesi, havendone ella fabricate di sua industria forse dodici di maniere differenti, parte da strascinare, et parte da alzare con pochissima forza smisurati pesi."[15] Un "magazino" che era anche "un ridotto di persone virtuose, et un albergo di soldati, et di dottori:"[16] in piena sintonia con l'idea di una "stanza dell'architettura militare" che Pigafetta[17] presenterà a Ferdinando I, granduca di Toscana, preludio alla creazione dello *stanzino delle matematiche* agli Uffizi (dove le prime decorazioni di Giulio Parigi vengono realizzate negli anni 1599–1600). L'interesse per i congegni meccanici e le architetture militari aveva portato il conte di Belgrado a corrispondere con Guidobaldo

[13] F. Pigafetta, lettera dedicatoria a Giulio Savorgnano, posta in apertura dell'opera Guidobaldo del Monte, *Le mechaniche (...) tradotte in volgare dal Sig. Filippo Pigafetta* (Monte 1581, carta a2v). Nella Biblioteca Ambrosiana sono conservati numerosi manoscritti di Filippo Pigafetta, ad esempio gli appunti "Cose raccolte ad Osoppo da Ragionamenti fatti col Co. Giulio Savorgnano" (Cod. R. 125. Sup). Su Filippo e, in generale, sulla famiglia Pigafetta cfr. il *Progetto Pigafetta* della Biblioteca Civica Bertoliana di Vicenza (www.bibliotecabertoliana.it/pigafetta/pigafetta.htm).

[14] Su Savorgnan cfr., ad esempio, (Manno 1987; Ventrice 1998).

[15] F. Pigafetta, lettera dedicatoria a Giulio Savorgnano, cit., carte bv–b2r.

[16] F. Pigafetta, lettera dedicatoria a Giulio Savorgnano, cit., carta bv.

[17] Cfr. (Prinz 1983, 343-353). Alle pagine 351–353 è riportata la trascrizione dello scritto di Pigafetta, che così si chiude: "Et si lascerà intendere d'haver in grado cotali invenzioni, et in strumenti, et modelli militari in breve tempo vedrà pieno tutto il luogo di scelte cose, anzi per contenere ponti di picche, di barche, et d'odri, et di botti di varij trovati, et freschi et parapetti da resistere ad ogni impetto di bombarda, et trincee mobili sicure, et artiglierie fatte di pezzi, et anche senza metallo forti, et simili, bisognerà per aventura aggradirlo." La nota manoscritta di Pigafetta si trova alla Biblioteca Ambrosiana (collocazione: S 97 Sup., 385-390). V. anche (Prinz 1988).

e con molti altri scienziati dell'epoca. Era stato lui, inoltre, a chiedere a Pigafetta di preparare una versione italiana del *Liber mechanicorum*, come ricorda lo stesso Pigafetta in apertura della sua traduzione. Savorgnan, come il già menzionato Rusconi, era stato in contatto con Tartaglia, al quale aveva sottoposto numerosi quesiti meccanici.[18] Tra gli altri interlocutori sono da ricordare Vincenzo Pinelli, che era in stretto rapporto con il gruppo urbinate, e Paolo Sarpi, che a Roma è chiamato da Sisto V a dare il suo parere sul trasporto dell'obelisco, nello stesso periodo nel quale svolge i suoi uffici come Procuratore generale dell'ordine dei Serviti (1585-1588).[19]

Intorno al trasporto dell'obelisco vaticano si ritrovano quindi alcuni dei migliori spiriti dell'epoca e quel cantiere, messo in opera pochi anni prima della cupola di S. Pietro e a poca distanza da essa, sembra rappresentare un ideale terreno sperimentale per chi si stava cimentando con i principi della nuova scienza meccanica. Il cantiere guidato da Domenico Fontana, nel quale sono impegnate novecento persone, pone al centro dell'attenzione, con l'urgenza che la prassi sempre impone, problemi meccanico-costruttivi che si trasformeranno in singoli capitoli dei moderni trattati di ingegneria. Le considerazioni legate all'attrito, alla stabilità degli elementi strutturali, alla definizione dei volumi, del peso specifico, della resistenza (di travi, staffe di ferro, funi), sono all'ordine del giorno nei cantieri di architettura e negli studioli di meccanica. Il motto "fabricando fabri fimus" valeva come esortazione al *fare*, ma anche come preciso richiamo alle regole inflessibili del *saper fare*, perchè gli errori difficilmente sarebbero passati inosservati, come Fontana sapeva bene. L'innalzamento dell'obelisco era già stato proposto dal pontefice Paolo III a Michelangelo, ma il grande artista aveva prudentemente declinato l'invito, domandando a sua volta: "E se si rompesse?" (Mercati 1589, 292).

Le fonti antiche prese a riferimento provengono dal mondo della meccanica e da quello dell'architettura, come dimostra, ad esempio, il caso della corona d'oro di Gerone, descritto da Vitruvio nel libro nono del *De architectura*. Intorno a quel celebre racconto, che vede come protagonista Archimede, si sviluppa il dibattito sui diversi metodi per valutare il peso specifico di un materiale e a quel testo rinviano tutti gli autori dell'epoca, spesso polemicamente. Se il tema è al

[18] Archivio di Stato di Venezia, *Secreta, Materie miste notabili*, reg. 13, cc. 55v–56: "Questi 29 quesiti Giulio Savorgnano li fece domandare da un suo ragazzo nano al famoso Nicolò Tartaglia del 1542, a fine di farlo ragionare cose dilettevole." Cfr. anche il catalogo della mostra *Ambiente scientifico veneziano tra cinque e seicento, Testimonianze d'archivio* (Tiepolo 1985, 35) e (Carugo 1979, in particolare nota 87, pp. LVII–LVIII).

[19] A questo elenco provvisorio deve essere aggiunto almeno il nome di Giacomo Contarini, anche se non direttamente coinvolto nella *trasportatione*. Sulla sua collezione, che comprendeva anche strumenti matematico-meccanici, cfr. (Hochmann 1987). Sono noti e ben documentati i contatti tra Galileo e Contarini, entrambi in stretto rapporto con Sarpi, Pinelli e l'ambiente urbinate.

centro del dibattito intorno alla *trasportatione della guglia*, per le ovvie implicazioni pratiche che esso comportava, le sue diramazioni si ritrovano negli scritti di Sarpi come in quelli di Guidobaldo, così come nell'opera giovanile di Galileo *La bilancetta*, redatta anch'essa negli anni dell'obelisco.

11.3 L'architettura come cantiere di idee

Nell'ambiente urbinate raccolto intorno a Federico Commandino nessuno poteva considerarsi estraneo ai temi sopra evocati, pur non avendoli coltivati nel dettaglio: sia per il comune interesse per le opere degli autori ricordati, sia per le precise connessioni col mondo dell'architettura. L'*ars aedificandi* era presente in casa Commandino grazie al padre, che si era occupato delle nuove fortificazioni della città di Urbino, mentre Guidobaldo si era interessato a più riprese di temi analoghi, sollecitato da amici e concittadini:[20] alcuni schizzi raccolti nelle *Meditatiunculae de rebus mathematicis*[21] rivelano un interesse non superficiale per l'architettura e per i temi costruttivi, collegato alle sue competenze meccaniche. Ma è soprattutto nella figura e nell'opera dell'urbinate Bernardino Baldi (allievo di Commandino e amico di Guidobaldo, per più di vent'anni abate di Guastalla) che questa connessione di interessi si rivela decisiva e feconda. In Baldi le competenze meccaniche e architettoniche sono così estese e profonde che finiscono per intrecciarsi in modo inestricabile. È da quell'intreccio che all'inizio degli anni Ottanta del Cinquecento comincia a formarsi un'opera destinata a lasciare un segno nella storia della meccanica e, contemporaneamente, in quella dell'architettura: si tratta delle *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes* (Baldi 1621), pubblicate a Magonza quattro anni dopo la morte dell'autore.[22] Baldi si dedica a molti altri “classici,” dagli *Automata* di Erone Alessandrino alle *Collezioni matematiche* di Pappo, mentre il suo interesse per Euclide e Archimede si associa al lavoro portato avanti, sotto i suoi occhi, da Commandino e Guidobaldo.[23] Pur inquadrandosi in quel programma di ricerca, al quale Baldi aveva collaborato sin da giovinetto, la sua riflessione assume caratteristiche di grande originalità. Lettore vorace e poliglotta di talento, al più giovane dei tre autori urbinati era destinata

[20] Sulle attività di Guidobaldo nel campo architettonico cfr. (Calegari 2004) e i saggi di Grazia Calegari e Francesco Menchetti in questo volume.

[21] Guidobaldo del Monte, *Meditatiunculae de rebus mathematicis*, Bibliothèque Nationale de France, Ms Lat. 10246. Su questo manoscritto cfr. (Tassora 2001).

[22] Su quest'opera cfr. (Becchi 2004; Baldi 2010). Cfr. anche (Aristotele 2000 e 1936). Sulla tormentata storia editoriale delle *Exercitationes* baldiane v. (Becchi 2009). Le *Exercitationes*, che sin dal frontespizio indicano la stretta familiarità con la parafrasi che Guidobaldo aveva dedicato ai due libri di Archimede sugli equiponderanti (cfr. Monte 1588), si incastonano alla perfezione in quel lavoro di sistematico scavo della matematica e della meccanica antica promosso dalla scuola commandiniana. L'attribuzione dei *Problemi meccanici* ad Aristotele era già in discussione nel Rinascimento.

[23] Per un regesto delle numerose opere di Baldi, a stampa e manoscritte, si rimanda a (Serrai 2002).

una vita meno segnata dalle mura del contado (Baldi, al contrario di Guidobaldo, trascorrerà lunghi periodi lontano dal Ducato) ma soprattutto un'attività di studio meno disciplinata. Poligrafo per vocazione e per necessità (in particolare per l'esigenza di trovare un'occupazione remunerata), ma certamente anche per scelta e per diletto, Baldi si trova in una condizione ideale per dare un'interpretazione del sapere "meccanico" che allarga e in parte frantuma i contorni definiti dal *Liber mechanicorum* di Guidobaldo, pur fresco di stampa. Mentre Guidobaldo imposta il suo trattato sulle macchine semplici, subendo l'influenza di Erone e Pappo, Baldi, che alle opere degli stessi autori aveva dedicato lunghi studi, innesta i suoi pensieri sull'errabonda struttura dei *Problemi meccanici* di scuola aristotelica. Seguendo l'impianto originario egli ha la possibilità di affrontare una maggiore varietà di temi e di approfondire quello che Guidobaldo mette da parte. Baldi si avventura quindi nella complessità del testo, unico tra gli urbinati a prenderlo di petto e a pubblicarlo con i suoi commenti (Guidobaldo, come è noto, se ne occupa a lungo nelle *Meditatiunculae*, ma la sua riflessione non supera lo stadio dell'appunto). Ne accetta così la sfida ambiziosa, fatta di temi eterogenei, saltellanti, scomposti. Guidobaldo, invece, riduce all'ordine, fa pulizia: ordine necessariamente esclusivo, talvolta tautologico, e disordine volutamente inclusivo, talvolta chiarificatore.

Il confronto serrato con i trentacinque *Problemi meccanici* (da Baldi attribuiti ad Aristotele) conduce l'abate di Guastalla su strade nuove, dove l'incontro tra architettura e meccanica non è un'opzione possibile, ma una stringente esigenza ermeneutica. Da questo punto di vista i *Problemi* rappresentavano al meglio la sfida che né Rusconi, né Guidobaldo osarono raccogliere in quello scorcio di secolo. Baldi riconsidera i *Problemi meccanici* nella loro generalità, senza soffermarsi alla prima lettura, sulla quale esisteva ormai abbondante letteratura. Non si trattava soltanto di ripetere gli enunciati per poi schierarsi con Aristotele o con Archimede (o con entrambi) al momento delle risposte-spiegazioni, così come ad un certo punto fecero anche i commentatori più avvertiti. Si trattava invece di scardinare le letture consuete per guardare al di là dell'ovvio. Oltre quella siepe Baldi vide la costruzione dell'architettura e in questo fu certamente facilitato dai suoi interessi per la materia, teorici e pratici. Riguardo gli impegni nel campo architettonico, connessi alla sua profonda passione per il disegno,[24] si hanno testimonianze di suoi interventi a Urbino, Pesaro, Guastalla e Roma (Serrai 2002, 23-24, nota 24). A Guastalla, ad esempio, Don Ferrante (principe di Molfetta e

[24]Tra le varie testimonianze si riporta qui quella di Fabrizio Scarloncino (che riprende informazioni fornite dallo stesso Baldi), autore del *De vita et scriptis Bernardini Baldi*, premesso all'opera baldiana *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes* (Baldi 1621, le pagine del *De vita* non sono numerate): "Pestilentia ex eo Gymnasio exactus in Patriam redijt, vbi quinquennium integrum Federico Commandino affixus omnes Matheseos partes perdidicit, cui viro in delineandis figuris ad Euclidis, Pappi, & Heronis monumenta manum commodauit."

Signore di Guastalla) lo aveva incaricato di occuparsi delle opere edilizie intraprese nella corte e di informarlo sull'avanzamento dei lavori. Le lettere che Baldi scrive al Principe, assente dalla città, sono dei veri e propri rapporti di cantiere. L'interesse per gli aspetti tecnici della costruzione non è legato soltanto ai doveri nei confronti del Signore. Baldi arriva a proporsi come progettista del "ponte al Baccanello," col consenso e l'appoggio di Don Ferrante.[25]: "Monsig.r Abate di Guastalla mi ha fatto sapere che dovendosi rifare ora il Ponte del Baccanello ha una bellissima invenzione di Ponte che volentieri metteria in opra, e desidera esser sentito da V.S. alla quale parlato ch'avrà, o in scritto fattole sapere quello che passa, farà poi anco vedere il modello."

Dal punto di vista teorico-letterario la passione per l'architettura è testimoniata da due opere magistrali, molto apprezzate all'epoca della pubblicazione e considerate esemplari anche nei secoli successivi: il *De verborum Vitruvianorum significatione* (Baldi 1612) e la *Descrizione del Palazzo Ducale di Urbino*[26] (Baldi 1590; Baldi 1724). La prima è di carattere teorico-filologico e mette in mostra la formidabile competenza linguistica dell'autore. Scrive a questo proposito il biografo Fabrizio Scarloncino che "Adriano Romano, tornato dalla Polonia dove aveva spiegato Vitruvio a un certo Palatino, diceva a volte che se avesse potuto usare in Polonia il commento di Baldo, avrebbe per così dire rubato lo stipendio, perché avrebbe svolto il suo compito senza alcuna fatica."[27] La seconda costituisce un capolavoro di arte descrittiva, come aveva notato Giovan Mario Crescimbeni (2001, 73):

> ed ancorché si trovasse allora lontano di quella città, nondimeno coll'aiuto e della pianta, che egli stesso aveva dapprima cavata, e della sua maravigliosa memoria, la fece con tale esattezza, quale fatta l'avrebbe se si fusse ritrovato in Urbino: fatica riputata utilissima nella professione dell'architettura, imperciocché per essere assai difficile il sito, ove quel palagio è fabbricato, molto riesce malagevole il poter riconoscersi dalla semplice pianta la sua intera bellezza.

Le caratteristiche tecniche di quel palazzo-mondo sono meticolosamente descritte, dalle fondamenta alla coperture, soffermandosi sulle proprietà dei mate-

[25] Lettera di Don Ferrante Gonzaga al Marchese Cornelio Bentivoglio, datata 1 Maggio 1602: cfr. (Campori 1855, 29). Don Ferrante fa riferimento ad una lettera di Baldi del 22 Aprile 1602: "Io scrissi al S.r Donesmondi che dicesse un non so che all'E.V. del ponte da farsi al Baccanello; se le viene occasione di scrivere al S.r Marchese, potrà tenergliene una parola" (Ronchini 1873, 133-134).
[26] Su questo testo cfr. (Bernini 2002).
[27] Scarloncino, *De vita et scriptis Bernardini Baldi* (Baldi 1621), pagine non numerate: "scio dixisse aliquando Adrianum Romanum e Polonia reuersum, vbi Vitruuium Palatino cuidam explicauerat, si commentarium Baldi in Polonia adhibere potuissem, aurum quod mecum attuli emunxissem, quia satis fecissem muneri labore nullo."

riali, sulle ingegnose soluzioni progettuali, sugli accorgimenti che avevano saputo render splendida e armoniosa “una macchina così grande,” conciliando sapientemente *materia* e *forma* (Baldi 1724, 69). Nel commento al Sedicesimo dei *Problemi meccanici* Baldi si sofferma su questi aspetti elogiando una soluzione costruttiva adottata nel Palazzo Ducale e da lui attribuita a Luciano Laurana: nascondere le catene, messe in opera per contenere la spinta delle volte, nell’estradosso delle volte stesse, evitando così di intaccare la geometrica purezza del volume sottostante.[28]

Lo scavo nei testi meccanici e nei testi architettonici era dunque avvenuto, nel suo caso, secondo due solchi paralleli, che alla fine confluirono in un comune campo di ricerca. Per questa ragione Vitruvio e Alberti trovano posto nelle sue *Vite de’ matematici*. Due autori da tenere distinti da tanti altri esperti di architettura, come spiega Baldi nella *Vita di Vitruvio*:[29]: “Taccia dunque la turba de gli Architetti pratici, se io scriuerò di Vitruvio e di Leon Battista, e non di loro, poiché eglino, ornati, come si dice, di tutte l’arme, hanno ragione di militia ne l’essercito de’ Matematici, de’ quali io uo scrivendo le uite. L’istesso dico a’ Mecanici semplicemente pratichi, ancorchè per semplice pratica habbiano fatto merauiglie.” Su questo sfondo si comprende facilmente perché due dei *Problemi meccanici,* il Quattordicesimo e il Sedicesimo, diventino per Baldi una vera e propria provocazione intellettuale. Nel Quattordicesimo ci si chiede:[30] “Perché un legno della stessa grandezza si spacca sul ginocchio più facilmente tenendolo con le mani alle estremità, ad uguale distanza, piuttosto che con le mani vicine al ginocchio. E ponendovi sopra un piede a terra lo si spacca più facilmente se si tiene la mano lontana piuttosto che vicina al piede.” Nel Sedicesimo la domanda

[28]“Raro tamen boni Architecti eo loco aptare solent, eo quod eiusmodi claues vel pulcherrimis ædificijs minuant gratiam. Vnde fit vt nunquam satis laudetur Lucianus ille Benuerardus Lauranensis Dalmata, qui nullibi apparentes eas posuit in admirabili illa Vrbini Aula, quam Federico Feltrio, felicissimo æque & inuictissimo Duci, ædificauit” (Baldi 1621, 110).

[29]Cfr. (Narducci 1886, 464). Questo passo e, in particolare, l’espressione “ornati, come si dice, di tutte l’arme,” è un’esplicita citazione dello stesso Vitruvio (*De Architettura*, libro I). La trascrizione qui di seguito riportata è tratta dall’edizione (Vitruvio 1997, vol. I, 12): “Itaque architecti qui sine litteris contenderant ut manibus essent exercitati, non potuerunt effimere ut haberent pro laboribus auctoritatem, qui autem ratiocinationibus et litteris solis confisi fuerunt, umbram non rem persecuti videntur. At qui utrumque perdidicerunt, uti omnibus armis ornati citius cum auctoritate quod fuit propositum sunt adsecuti.” In un’altra versione della *Vita* di Vitruvio (*M. Vitruvii Pollionis Architecti Vita*), posta in appendice al suo *De verborum Vitruvianorum significatione* (Baldi 1612, p. 199), Baldi scrive: “Hinc fit, ut Vitruvium ab ijs architectis seiungamus, qui ab optimis artibus & scientijs imparati, nobilissimis architecturae studijs, illotis ut aiunt manibus pedibusque, tanquam profani, temere ultro se ingerunt. Ipse enim omnibus armis ornatus, militiae huic nomen dedit, quare sit, ut ei, licet architecto, locum non immerito inter Mathematicos & Geometras ipsos decernamus.” Sulle *Vite de’ matematici* vedi anche (Baldi 1998).

[30]“Cur eiusdem magnitudinis lignum facilius genu frangatur si quispiam aeque diductis manibus extrema comprehendens fregerit, quam si iuxta genu. Et si terrae applicans pede superposito manu hinc inde diducta confregerit quam prope” (Baldi 1621, 91).

è più sottile:[31] “Perché quanto più i legni sono lunghi, tanto più deboli diventano; e, se sollevati, si piegano maggiormente, ancorché il legno corto, che misuri ad esempio due cubiti, sia sottile, e quello lungo cento cubiti sia spesso.” Baldi comprende che se si tratta di resistenza alla rottura, le classiche considerazioni di equilibrio non sono più sufficienti per spiegare il fenomeno, per descriverlo nella sua essenza. Con riferimento al modello della leva-bilancia, occorre che si presti attenzione non soltanto ai pesi, alle distanze e ai loro rapporti, ma altresì al comportamento dei materiali. Non tutto è riconducibile alle macchine semplici e alle leggi da esse esemplificate.

La riflessione di Baldi parte dal presupposto che la leva da associare alla trave non può essere la classica leva lineare (come suggerito dal testo aristotelico e dai numerosi commentatori rinascimentali), ma deve essere una leva angolare che tiene conto dello spessore della trave e delle sue caratteristiche materiali, così come sarà spiegato nei *Discorsi* galileiani 17 anni più tardi (G. Galilei 1638). Solo utilizzando quel modello si è in grado di fare un passo avanti oltre le mere considerazioni di equilibrio statico (banali equazioni cardinali della statica, diremmo oggi) e di intravedere la funzione delle relazioni costitutive, ossia di quelle equazioni che tengono conto del materiale che costituisce gli elementi strutturali.

Occorre ricordare che questo cambio di prospettiva rappresenterà un continuo rovello per la nascente *rational mechanics*. Il tema del corpo rigido posto in relazione alle applicazioni del principio della leva sarà efficacemente sottolineato da Pierre-Simon Girard due secoli più tardi, nel *Traité analytique de la résistance des solides et des solides d’égale résistance* (Girard 1798, IX):

> Si dans la théorie de la statique il est permis de regarder les leviers au moyen desquels les mobiles agissent les uns sur les autres comme doués d’une inflexibilité parfaite, cette supposition cesse d’être admissible dans l’application de cette science au calcul des machines, puisque la nature n’a créé aucune substance dont les parties intégrantes ne puissent être séparées les unes des autres par l’action d’un certain effort. Il y a donc deux espèce d’équilibre à considérer dans le levier, et dans les machines qui s’y rapportent; l’un existe entre les efforts opposés qui se contrebalancent, l’autre entre une certaine fonction de ces efforts et la cohérence des parties dont les machines sont composées. On peut assigner rigoureusement les conditions du premier, mais celles du second ne sont assignables que par approximation.

[31] “Quare, quo longiora sunt ligna, tanto imbecilliora fiant, & si tolluntur, inflectuntur magis: tametsi quod breue est ceu bicubitum fuerit, tenue, quod vero cubitorum centum crassum?” (Baldi 1621, 95).

Più in generale si tratta di un tema che configura la differenza epistemologica tra equazioni generali dell’equilibrio ed equazioni costitutive. Ancora nell’Ottocento persino la teoria dell’elasticità, che di questi studi è l’erede diretta, avrà difficoltà ad imporsi proprio a causa di queste caratteristiche. Si pensi alle obiezioni rivolte da Louis Poinsot (illustre membro dell’Académie des Sciences di Parigi e docente presso l’École Polytechnique) ai suoi padri fondatori (Augustin-Louis Cauchy in primis) a proposito delle *pressions obliques*. Lo ricorda, tra gli altri, Joseph Bertrand in un profilo biografico dedicato al grande geometra (Bertrand 1873, XXVI): “Pour traiter mathématiquement des corps solides, il fallait tout d’abord, suivant lui, qu’on voulût bien en accepter une définition mathématique. ‘Ma canne, disait-il souvent, n’est pas un corps solide; non-seulement elle peut rompre, mais elle plie, ce qui est cent fois pis.’”

Lo scarto concettuale proposto da Baldi è di fondamentale importanza e prelude alle prime due giornate dei *Discorsi e dimostrazioni matematiche* galileiani, dedicate ad una nuova scienza così definita: *Scienza nuova prima, intorno alla resistenza de i corpi solidi all’esser spezzati*. Non è un caso che i termini tecnici siano gli stessi in Baldi e Galileo: *condensatio* e *rarefatio* della materia (*condensazione* e *rarefazione*, nella versione in volgare di Galileo) possono spiegare i fenomeni che si accompagnano alla rottura.

Per Baldi, inoltre, l’acuta disamina del quesito proposto dai *Problemi meccanici* diventa pretesto per un’ulteriore, imprevedibile approfondimento. Nelle venti pagine[32] dedicate al problema Sedicesimo, infatti, sedici trattano di architettura e la torsione interpretativa rivolta alla costruzioni è giustificata in questi termini (p. 98): “Ora, per trarre da questo studio—che può sembrare per altro verso inutile—un qualche profitto, ed affinché i nostri argomenti servano a rendere più prudenti gli architetti, applicheremo appropriatamente queste nostre considerazioni all’architettura.”[33] Con questa premessa Baldi passa dall’analisi della trave, direttamente collegata al testo originario dei *Problemi meccanici*, a quella delle colonne, delle capriate, degli archi, delle volte. La digressione può risultare a prima vista ingiustificata e incongruente (nessun autore precedente aveva introdotto questi temi nel proprio commento ai *Problemi*), ma a Baldi il passaggio doveva apparire naturale, sulla base della sua ottima conoscenza della trattatistica architettonica. Basta andare a rileggere il *De re aedificatoria* di Leon Battista Alberti (Alberti 1485)—che Baldi conosceva bene e citava volentieri—per ritrovare

[32]Nessun commentatore aveva mai dedicato più di due pagine all’argomento, l’estensione della trattazione rivela un interesse specifico per il tema. Per la lunga serie di commenti e traduzioni rinascimentali ai *Problemi meccanici* cfr. (Rose and Drake 1971). Vedi anche (Lohr 1974; 1975; 1976; 1977; 1978; 1979; 1980; 1982).

[33]“Modo vt ex hac contemplatione, quæ alias inutilis videtur, aliquam vtilitatem capiamus, & ex his quæ contemplabimur, Architecti prudentiores fiant, ist hæc ipsa, de quibus agimus, ad rem ædificatoriam commode aptabimus” (Baldi 1621, 98).

l’origine di questa divagazione apparentemente bizzarra e le tracce di quello che aveva spostato l’attenzione dalle aste inflesse alle capriate. Scrive Alberti:

> Credo che gli uomini abbiano appreso a costruir l’arco in questo modo. Accortisi che due travi con le estremità superiori unite potevano essere fissate in basso, nel luogo in cui le loro basi erano divaricate, in modo tale che, reciprocamente collegate ed equilibrandosi con identico peso, si reggessero tra loro, la scoperta ebbe successo, e con questa tecnica si cominciarono ad impiegare negli edifici i tetti a displuvio. In seguito, probabilmente, avendo intenzione di coprire con quelli un maggiore spazio e ciò non potendo per essere le travi troppo corte, sistemarono una trave intermedia nel punto più alto, alla sommità dei tronchi, facendone risultare a un dipresso la figura di una P greca (Π); e l’elemento aggiunto chiamarono probabilmente concio. Anche questa invenzione ebbe fortuna, anzi i conci vennero moltiplicandosi, giungendo a costituire una sorta di arco, la cui forma piacque. Si pensò così di trasferire questa tecnica alle opere di pietra, e coll’aggiunta di altri conci pervennero a fabbricare un arco intero.[34]

L’elegante ricostruzione storico-genetica diventa illuminante indizio meccanico e come tale non deve essere sfuggita all’occhio attento dell’abate di Guastalla. Senza fare esplicito riferimento ad Alberti il commento di Baldi in quel punto cambia il passo e allarga il campo di indagine a tutti quei temi che negli anni seguenti diventeranno parte integrante della *science des ingénieurs*.

11.4 Idee allo stato nascente

Non è possibile in questa sede approfondire ulteriormente il tema meccanica-architettura al tempo di Guidobaldo[35], è però utile indicare alcune ricerche che

[34] Cfr. (Alberti 1485, Libro III). Per la traduzione e la trascrizione qui riportate cfr. (Alberti 1966, 234-235): “Et enim ducendi arcus rationem traxisse homines hinc puto: nam, cum viderent trabes duas iunctis capitibus posse imis pedibus divaricatis ita firmari, ut mutuo innexu paribusque contra se ponderibus sisterent, placuit inventum, et coeperunt istoc opere displuvia ædificiis tecta apponere. Post id, fortasse cum ex instituto maiorem cooperire aream trabium brevitate nequivissent, intermedium ad sublimia truncorum capita aliquid interposuere, ut essent prope atque apud Græcos littera Π, appositumque ipsum id fortassis cuneum appellavere. Succedente inde argumento multiplicatis cuneis istiusmodi arcus effigiem effectam spectantes probavere, eamque ducendi arcus rationem ad opera lapidea transferentes integrum additamentis arcum effecere.”

[35] Ovviamente l’indagine dovrebbe estendersi a tutta la cerchia pesarese-urbinate, coinvolgendo Muzio Oddi e la famiglia Barocci. Di Simone Barocci Baldi scrive: “il quale con tanta industria lavora compassi, ed istrumenti matematici, che non avendo chi lo pareggi, si può dire senz’arroganza, che

meriterebbe sviluppare. È stata ricordata la *trasportatione* dell'obelisco vaticano guidata da Domenico Fontana e il ricco dibattito tecnico-scientifico fiorito, direttamente o indirettamente, intorno a quell'impresa. Negli stessi anni molti protagonisti del nuovo pensiero scientifico si incontrano a Roma, città che durante la *Renovatio Urbis* promossa da Sisto V diventa un crogiolo di studi e di novità, quasi tutte riconducibili a "stranieri" di formidabile talento. Baldi giunge in città nell'Ottobre 1586, pochi giorni dopo l'erezione dell'obelisco di fronte alla basilica di S. Pietro, ancora sprovvista della cupola. Vi rimane solo alcuni mesi, ma ritornerà spesso negli anni seguenti, entrando nella cerchia del cardinale Cinzio Aldobrandini[36] (soprattutto come esperto di architettura) e diventando amico di Giovanni Battista Raimondi, che nel 1584 favorisce la creazione della Stamperia Orientale, sotto la protezione del cardinale Ferdinando de' Medici. Nello stesso arco di tempo Guidobaldo scrive alcune pagine raccolte nel manoscritto delle *Meditatiunculae*, mentre Galileo è in visita a Roma (alla fine del 1587), dove consegna a Cristoforo Clavio una copia del suo lavoro *de centro gravitatis solidorum*. Poco prima lo scienziato pisano aveva tenuto la sua prima lezione all'Accademia fiorentina "circa la figura, sito e grandezza dell'Inferno di Dante," poco dopo, all'inizio del 1588, terrà la seconda.

È proprio in quel periodo che Baldi lavora alacremente sui *Problemi meccanici*. Forse risalgono a quegli anni alcuni appunti che trattano gli stessi temi analizzati nel problema Sedicesimo, raccolti in un manoscritto custodito nella Biblioteca Nazionale di Napoli.[37] Lo studio di quelle carte, lette unitamente ai codici

la sua bottega sia la bottega del mondo; il che non mi vergogno io di affermare, ne temo di esserne tenuto bugiardo, essendo ciò notissimo a tutti quelli, che attendono a'detti esercizj, e nell'Italia, e fuori" (Baldi 1724, 33-34). Galileo fu uno tra i tanti a riconoscere l'eccellenza di questa "bottega del mondo" che aveva sede ad Urbino.

[36] A questo riguardo sarebbe interessante analizzare nel dettaglio le relazioni tra il cardinale Cinzio Aldobrandini e il cardinale Francesco Maria del Monte, fratello di Guidobaldo del Monte, da mettere in rapporto con Clemente VIII (ossia Ippolito Aldobrandini, zio dei cardinali Cinzio e Pietro Aldobrandini), pontefice nel periodo 1592–1605. Su Francesco Maria una buona base di partenza è l'opera di Zygmunt Waźbiński, recentemente scomparso (Waźbiński 1994).

[37] Il manoscritto fa parte del Fondo Albani, ms XIII.F.25. Le carte sono state messe in relazione con le *Exercitationes* da chi scrive, ma i volumi baldiani conservati nella Biblioteca Nazionale di Napoli sono noti da tempo. Luigi Ruberto ha descritto il contenuto del manoscritto XIII.F.25 nell'opera (Ruberto 1882, 84-86) e Serrai ha pubblicato una trascrizione completa del componimento *Il Genio, ouero la Misteriosa Peregrinatione* ("comminciata a scrivere Adi 29 d'Ottobre del M.DLXXXIII," scrive l'autore accanto al titolo), che occupa le prime pagine dello stesso codice (Serrai 2002, 174-184). Del *Genio* Guido Zaccagnini (1908) aveva trascritto e pubblicato alcuni brani nel suo *Bernardino Baldi nella vita e nelle opere*. Zaccagnini si era già occupato di Baldi nel volume (Zaccagnini 1902; l'esemplare consultato da chi scrive, conservato presso la Staatsbibliothek di Berlino, presenta un doppio frontespizio, il primo è datato 1903). Evidentemente i testi letterari hanno distratto l'attenzione degli studiosi e reso insignificanti i frammenti citati. Una conferma si trova nella nota redatta da Paul Lawrence Rose intitolata *Rediscovered manuscripts of the "Vite de'matematici" and mathematical works by Bernardino Baldi* (1553–1617), dove a proposito dei manoscritti di Napoli si legge: "As

Lat. 10246 e Lat. 10280 della *Bibliothèque Nationale* di Parigi, al manoscritto[38] *Perigonia, o vero degli angoli* (1590-1598) di Teofilo Gallaccini, conservato nella Biblioteca degli Intronati di Siena, alle pagine che Juan Bautista Villalpando, già allievo di Clavio, dedica alla meccanica nelle *In Ezechielem Explanationes et Apparatus Urbis, ac Templi Hierosolymitani Commentariis et Imaginibus illustratus opus tribus tomiis distinctum*,[39] potrà consentire una più accurata rilettura critica dell’opera baldiana e della svolta che essa segnala nel campo degli studi sulla meccanica teorica e applicata.

A quel punto occorrerà probabilmente rileggere con attenzione le opere di Benedetti, Clavio, Guidobaldo e Galileo in relazione ai testi citati, apparentemente minori, che sino ad ora non sono stati oggetto di un’organica valutazione critica.[40] Su questa linea di ricerca il complesso rapporto meccanica-architettura potrebbe aiutare a rivedere alcuni affreschi storiografici ormai polverosi e inaffidabili. La storia dei commenti ai *Discorsi* (1638) galileiani, sino ai nostri giorni, conferma l’esigenza di questa rilettura e il recente intervento di Zvi Biener su *Galileo’s First New Science: The Science of Matter* (Biener 2004) dimostra che la strada è ancora lunga e tortuosa. Quella indicata da Biener, giudicata dal punto delle vista delle *Exercitationes* (1621) e del contesto qui richiamato, si può aggiungere alla lunga serie delle occasioni mancate, da affiancare al saggio di Renée Raphael *Galileo’s Discorsi and Mersenne’s Nouvelles Pensées: Mersenne as a Reader of Galilean ‘experience’* (Raphael 2008), dove la sfida linguistica imposta dal confronto puntuale con testi italiani e francesi, analizzati attraverso il filtro-imbuto dell’idioma inglese, finisce per produrre risultati di rilevante inconsistenza. Enrico Giusti lo aveva già notato nel 1990, in occasione della bella edizione Einaudi dei *Discorsi*. Nel saggio introduttivo, dopo aver precisato che la sua attenzione si sarebbe concentrata sulla terza e quarta Giornata, l’autore affermava: “nonostante l’abbondanza di studi dedicati ai *Discorsi* (...) non esiste ancora un’analisi completa dell’opera, ed in particolare dei suoi contenuti scientifici.”[41] A vent’anni di distanza quel commento è ancora valido. Sorprende che

Professor Rienstra kindly informs me, none of the Baldi items at Naples is of mathematical interest.” La nota di Rose è pubblicata in (Rose 1974), il passo citato si trova a p. 274, nota 9. Di Rose cfr. anche (Rose 1975).

[38] T. Gallaccini, *Perigonia, o vero degli angoli,* Biblioteca degli Intronati di Siena, Ms. L. IV. 5. Testo a disposizione in formato digitale nel sito http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/content. Vedi anche (Gallaccini 2003).

[39] Cfr. (Prado and Villalpando 1596-1605).

[40] Per avviarla sarà inevitabile riprendere in considerazione gli scritti di Pierre Duhem, in particolare Duhem (1905-1906 e 1906-1913).

[41] Cfr. (Giusti 1990, XII, Nota 1). Anche l’edizione curata da Adriano Carugo e Ludovico Geymonat (G. Galilei 1958) non approfondisce gli aspetti qui considerati. Il tema degli atomi e degli indivisibili è invece stato affrontato nel dettaglio da Paolo Galluzzi in un saggio recente (Galluzzi 2011). Cfr. anche (Valleriani 2010).

la vistosa lacuna sia legata al nome di Galileo e ad una delle sue opere più celebri e “studiate.”

Riferimenti

Agrippa, C. (1583). *Trattato di Camillo Agrippa Milanese di trasportar la guglia in su la Piazza di San Pietro*. Roma: Francesco Zanetti.

Alberti, L. B. (1485). *De re aedificatoria*. Firenze: Nicolò di Lorenzo Alemanno.

— (1966). *L’Architettura [De re Aedificatoria]. Testo latino e traduzione a cura di Giovanni Orlandi. Introduzione e note di Paolo Portoghesi*. Milano: Il Polifilo.

Aristotele (1936). Mechanical Problems. In: *Minor Works*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

— (2000). *Problemi meccanici. Introduzione, testo greco, traduzione italiana*. Catanzaro: Rubbettino.

Baldi, B. (1590). Descrittione del Palazzo ducale di Urbino. In: *Versi e Prose*. Venezia: Francesco de’ Franceschi Senese, 503–573.

— (1612). *De verborum Vitruvianorum significatione, sive perpetuus in M. Vitruvium Pollionem commentarius*. Augsburg: ad insigne Pinus.

— (1621). *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes: adiecta succinta narratione de autoris vita et scriptis*. Mainz: Typis & Sumptibus Vi- duae Ioannis Albini.

— (1724). Descrizione del Palazzo Ducale d’Urbino. In: *Memorie Concernenti la Città di Urbino*. Roma: Salvioni.

— (1998). *Le vite de’matematici. Edizione annotata e commentata della parte medievale e rinascimentale*. Ed. by E. Nenci. Milano: Franco Angeli.

— (2010). *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes, Vol. 1: Testo latino riveduto e corretto con traduzione italiana a fronte*. Ed. by E. Nenci. Milano: Franco Angeli.

Barbaro, D. (1556). *I dieci libri dell’Architettura di M. Vitruvio tradutti e commentati da Monsignor Barbaro, eletto Patriarca d’Aquileggia*. Venezia: Marcolini.

— (1567a). *I dieci libri dell’architettura di M. Vitruvio tradutti e commentati da Monsignor Barbaro, eletto Patriarca d’Aquileggia*. Venezia: F. de’ Franceschi & G. Chrieger.

— (1567b). *M. Vitruvii Pollionis de architectura libri decem, cum commentariis Danielis Barbari*. Venezia: Franciscum Franciscium Senensem, & Ioan. Crugher Germanum.

Becchi, A. (2004). *Q. XVI. Leonardo, Galileo e il caso Baldi: Magonza, 26 marzo 1621*. Venezia: Marsilio.

— (2009). Uno e trino. Impronte stravaganti di un testimone postumo (1621). In: *Saggi di letteratura architettonica, da Vitruvio a Winckelmann*. I. Firenze: Olschki, 19–35.

Bedon, A. (1983). Il ‘Vitruvio’ di Giovan Antonio Rusconi. *Ricerche di Storia dell’Arte* 19:84–90.

— (1996). Giovan Antonio Rusconi: illustratore di Vitruvio, artista, ingegnere, architetto. In: *G. A. Rusconi, dell’architettura (1590)*. Vicenza: Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio, IX–XXII.

Belluzzi, A. and G. Belli (2003). *Il ponte a Santa Trinita*. Firenze: Polistampa.

Bernini, D. (2002). Bernardino Baldi e il Palazzo Ducale di Urbino. *Accademia Raffaello. Atti e Studi* I:58–79.

Bertrand, J. (1873). Notice sur Louis Poinsot. In: *Éléments de statique*. Ed. by L. Poinsot. 11th ed. Paris: Gauthier-Villars, 9–28.

Biener, Z. (2004). Galileo’s First New Science: The Science of Matter. *Perspectives on Science* 12:262–287.

Calabi, D. and P. Morachiello (1987). *Rialto: le fabbriche e il ponte*. Torino: Einaudi.

Calegari, G. (2004). Palazzo Mamiani della Rovere: indagini e scoperte. In: *Palazzo Gradari già Palazzo Mamiani Della Rovere. Indagini e scoperte dopo il restauro*. Ed. by D. Trebbi, S. Bruscia, A. Nori, G. Calegari. Ancona: Futura Officine Grafiche, 113–140.

Campori, G. (1855). *Gli artisti italiani e stranieri negli Stati Estensi*. Modena: Tip. della R. D. Camera.

Carugo, A. (1979). Gli obelischi e le macchine nel Rinascimento. In: *D. Fontana, Della trasportatione dell’Obelisco Vaticano*. Con un’introduzione di P. Portoghesi. Milano: Il Polifilo.

Crescimbeni, G. M. (2001). *La vita di Bernardino Baldi Abate di Guastalla*. Ed. by I. Filograsso. Urbino: QuattroVenti.

Daniello, A. (1568). *Dante con l’espositione di M. Bernardino Daniello da Lucca, sopra la sua Comedia dell’Inferno, del Purgatorio, & del Paradiso; nuouamente stampato & posto in luce[...]*. Venezia: Pietro da Fino.

Duhem, P. (1905-1906). *Les origines de la statique*. Paris: Hermann.

— (1906-1913). *Études sur Léonard de Vinci: Ceux qu’il a lus et ceux qui l’ont lu*. Paris: Hermann.

Engel, H. (2006). *Dantes Inferno. Zur Geschichte der Höllenvermessung und des Höllentrichtermotivs*. München/Berlin: Deutscher Kunstverlag.

Fontana, D. (1590). *Della trasportatione dell’Obelisco Vaticano [...]*. Roma: Domenico Basa.

Galilei, G. (1638). *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla mecanica et i movimenti locali*. Leiden: Elsevirii.

Galilei, G. (1958). *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla mecanica ed i movimenti locali*. Torino: Boringhieri.

— (1968). *G. Galilei, Le opere*. Ed. by A. Favaro. Florence: Barbera.

Galilei, Galileo (2011). *Due lezioni all'Accademia fiorentina circa la figura, sito e grandezza dell'Inferno di Dante*. Ed. by R. Pratesi. Livorno: Sillabe.

Gallaccini, T. (2003). *Perigonia, o vero degli angoli*. Ed. by A. Simi. Siena: Accademia delle Scienze di Siena detta de' Fisiocritici.

Galluzzi, P. (2011). *Tra atomi e indivisibili. La materia ambigua di Galileo*. Firenze: Olschki.

Giambullari, P. (1544). *De'l sito, forma, e misure, dello Inferno di Dante*. Firenze: Neri Dortelata.

— (1551). *Lezzioni di M. Pierfrancesco Giambullari, lette nella Accademia Fiorentina*. Firenze: Lorenzo Torrentino.

Girard, P. S. (1798). *Traité analytique de la résistance des solides et des solides d'Egale Résistance, auquel on a joint une suite de nouvelles expériences sur la force et l'elasticité spécifiques des bois de chêne et de sapin*. Paris: Didot.

Giusti, E. (1990). Galileo e le leggi del moto. In: *G. Galilei, Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla mecanica ed i movimenti locali*. Torino: Einaudi.

Hevelius, J. (1673). *Machinae coelestis pars prior: organographiam, sive instrumentorum astronomicorum omnium, quibus auctor hactenus sidera rimatus, ac dimensus est, accuratam delineationem et descriptionem exhibens*. Danzig: Auctoris typis, sumptibus, imprimebat Simon Reiniger.

Hochmann, M. (1987). La collection de Giacomo Contarini. *Mélanges de l'Ecole française de Rome. Moyen-Age, Temps modernes* vol. 99(1):447–489.

Kaiser, C. (2005). *Die Fleischbrücke in Nürnberg (1596-1598)*. Ph. D. Thesis. Cottbus: TU Cottbus.

Lévy-Leblond, J. M. (2006). Galilée dans l'Enfer de Dante. In: *La vitesse de l'ombre. Aux limites de la science*. Ed. by J. M. Lévy-Leblond. Paris: Éditions du Seuil, 80–85.

Lohr, C. H. (1974). Renaissance Latin Aristotle Commentaries: Authors A-B. *Studies in the Renaissance* 21:228–289.

— (1975). Renaissance Latin Aristotle Commentaries: Authors C. *Renaissance Quarterly* 28:689–741.

— (1976). Renaissance Latin Aristotle Commentaries: Authors D-F. *Renaissance Quarterly* 29:714–745.

— (1977). Renaissance Latin Aristotle Commentaries: Authors G-K. *Renaissance Quarterly* 30:681–741.

— (1978). Renaissance Latin Aristotle Commentaries: Authors L-M. *Renaissance Quarterly* 31:532–603.

— (1979). Renaissance Latin Aristotle Commentaries: Authors N-Ph. *Renaissance Quarterly* 32:529–580.
— (1980). Renaissance Latin Aristotle Commentaries: Authors Pi-Sm. *Renaissance Quarterly* 33:623–734.
— (1982). Renaissance Latin Aristotle Commentaries: Authors So-Z. *Renaissance Quarterly* 35:164–256.
Malke, L. S. (2000). *Dantes Göttliche Komödie. Drucke und Illustrationen aus sechs Jahrhunderten*. Berlin: Kunstbibliothek-Staatliche Museen Berlin.
Manno, A. (1987). Giulio Savorgnan: Machinatio e Ars Fortificatoria a Venezia. In: *Cultura, scienze e tecniche nella Venezia del Cinquecento. Atti del convegno internazionale di studio ‘Giovan Battista Benedetti e il suo tempo’*. Venezia: Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 227–245.
Mercati, M. (1589). *De gli obelischi di Roma*. Roma: Domenico Basa.
Monte, Guidobaldo del (1577). *Mechanicorum liber*. Pesaro: Hieronymum Concordiam.
— (1581). *Le mechaniche dell’illustriss. sig. Guido Ubaldo de’ Marchesi del Monte: Tradotte in volgare dal sig. Filippo Pigafetta*. Venezia: Francesco di Franceschi Sanese.
— (1588). *In duos Archimedis aequeponderantium libros paraphrasis scholijs illustrata*. Pesaro: Hieronymum Concordiam.
Narducci, E. (1886). Vite inedite di matematici italiani scritte da Bernardino Baldi e pubblicate da Enrico Narducci. *Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche* XIX. Luglio 1886, 335-382; Agosto 1886, 383-406; Settembre-Ottobre 1886, 437-489; Novembre 1886, 521-640.
Palladio, A. (1570). *I quattro libri dell’architettura*. Venezia: Dominico de’ Franceschi.
Peterson, M. A. (2002). Galileo’s Discovery of Scaling Laws. *American Journal of Physics* 70:575–580. URL: www.mtholyoke.edu/courses/mpeterso/galileo/scaling8.pdf.
Piasentin, M. (1978-1979). *Giovan Antonio Rusconi*. MA thesis. Venezia: IUAV.
Pigafetta, F. (1586). *Discorso di M. Filippo Pigafetta d’intorno all’historia della Aguglia & alla ragione del muoverla*. Roma: Bartolomeo Grassi.
Prado, H. and J. B. Villalpando (1596-1605). *In Ezechielem explanationes et apparatus urbis, ac templi hierosolymitani commentariis et imaginibus illustratus opus tribus tomiis distinctum*. Roma: A. Zanetti and A. Ciacconi.
Prinz, W. (1983). Informazione di Filippo Pigafetta al serenissimo di Toscana per una stanza da piantare lo studio di architettura militare. In: *Gli Uffizi. Quattro secoli di una galleria*. Ed. by P. Barocchi, G. Ragionieri. Firenze: Olschki, 343–353.

Prinz, W. (1988). Dal modello al dipinto: macchine da guerra di Archimede alla fine del Cinquecento. In: *Architettura militare nell'Europa del XVI secolo. Atti del convegno di studi, Firenze, 25-28 Novembre 1986*. Firenze: Edizioni Periccioli, 1988, 409–416.

Raphael, R. (2008). Galileo's Discorsi and Mersenne's Nouvelles Pensées: Mersenne as a Reader of Galilean ‘Experience’. *Nuncius: Journal of the History of Science* 23:7–36.

Ronchini, A. (1873). *Lettere di Bernardino Baldi cavate dagli autografi che sono a Parma nell'Archivio di Stato*. Parma: R. Deputazione di Storia Patria.

Rose, P. L. (1974). Rediscovered Manuscripts of the “Vite de'matematici” and Mathematical Works by Bernardino Baldi. *Rendiconti Sc. Fis. Mat. e Nat. dell'Accademia dei Lincei* 56:272–279.

— (1975). *The Italian Renaissance of Mathematics*. Genève: Droz.

Rose, P. L. and S. Drake (1971). The Pseudo-Aristotelian Questions of Mechanics in Renaissance Cultures. *Studies in the Renaissance* 18:65–104.

Ruberto, L. (1882). *Studij su Bernardino Baldi*. Bologna: Tipografia Fava e Garagnani, 84–86.

Rusconi, G. A. (1590). *Della architettura, con centosessanta figure dissegnate dal medesimo [...]*. Venezia: Gioliti.

Satzinger, G. and S. Schütze (2008). *Sankt Peter in Rom 1506-2006. Beiträge der internationalen Tagung vom 22.-25. Februar 2006 in Bonn*. München: Hirmer.

Scamozzi, V. (1615). *Dell'Idea della Architettura Universale*. Venezia: presso l'Autore.

Serrai, A. (2002). *Bernardino Baldi. La vita, le opere. La biblioteca*. Milano: Edizioni Sylvestre Bonnard.

Settle, T. B. (2001). Experimental Sense in Galileo's Early Works and its Likely Sources. In: *Largo campo di filosofare*. Ed. by J. Montesinos and C. Solís. Eurosymposium Galileo 2001. La Orotava: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 831–849.

— (2002). Dante, the Inferno and Galileo. In: *Pictorial Means in Early Modern Engineering, 1400-1650*. Ed. by W. Lefèvre. Preprint 93. Berlin: Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, 139–157.

Strano, G. (2008). *Il telescopio di Galileo. Lo strumento che ha cambiato il mondo*. Firenze: Giunti.

Tartaglia, N. (1546). *Quesiti et inventioni diverse*. Repr. in facsimile Brescia: Ateneo di Brescia, 1959. Venezia: Venturino Ruffinelli.

Tassora, R. (2001). *Le Meditatiunculae de Rebus Mathematicis di Guidobaldo del Monte*. Ph. D. thesis. Università di Bari.

Tiepolo, M. F. (1985). *Ambiente scientifico veneziano tra Cinque e Seicento. Testimonianze d’archivio (mostra documentaria, 27 Luglio-6 Ottobre 1985)*. Venezia: Tip. Helvetia.

Valleriani, M. (2010). *Galileo Engineer*. Dordrecht: Springer.

Ventrice, P. (1998). Architettura militare e ingegneria tra XVI e XVII Secolo a Venezia. In: *Giambattista Aleotti e gli ingegneri del Rinascimento*. Ed. by A. Fiocca. Firenze: Olschki, 309–330.

Vitruvio, M. P. (1997). *De architectura*. Torino: Einaudi.

Waźbiński, Z. (1994). *Il cardinale Francesco Maria del Monte, 1549-1626*. Firenze: Olschki.

Zaccagnini, G. (1902). *La vita e le opere edite e inedite di Bernardino Baldi*. Modena: Forghieri.

— (1908). *Bernardino Baldi nella vita e nelle opere*. Pistoia: Tipo-litografica Toscana.

Zorzi, G. (1956-1957). Altre due perizie inedite per il restauro del Palazzo Ducale di Venezia dopo l’incendio del 20 dicembre 1577. *Atti dell’Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti* 115:169–170.

Chapter 12
Guidobaldo del Monte: architetto di palazzo Gradari a Pesaro

Grazia Calegari

Un documento sull’attività di Guidobaldo architetto è conservato all’Archivio di Stato di Pesaro, notaio Simone Rossi, datato 27 marzo 1599. E’ un contratto-capitolato stipulato tra il conte Giulio Cesare Mamiani e i muratori Gio. Battista Paridi e Giovanni Antonio Mincioni di Fano, e riguarda la costruzione del palazzo di città del Mamiani a Pesaro, in via del Vescovado (attuale via Rossini), oggi palazzo Gradari di proprietà comunale, aperto e utilizzato per varie manifestazioni pubbliche, e al secondo piano come sede del Rossini Opera Festival.[1] Nel documento, dopo le precisazioni tecniche che riguardano la demolizione di vecchie case preesistenti, le fondamenta, le volte, i mattoni, i camini, le porte, le finestre, eccetera, si legge:

> Che detti muratori àvviano adempimento che le calcine siano benissimo fatte e che sotto la spesa conveniente a proporzione e che le fondamenta siano benissimo spianate e ricalzate murate con ghiaia ovvero secondo indicarà il marchese Guidobaldo dei marchesi del Monte.

E più sotto:

> Che detta fabbrica sia fatta secondo il disegno e l’ordine di detto Conte et Marchese Guidobaldo Del Monte et in particolare le volte.

La scoperta del documento si deve al conte Carlo Stramigioli Ciacchi, scomparso prima della stesura del libro; il rinvenimento di altri documenti relativi alla storia dei conti Mamiani si deve a Dante Trebbi. Lo studio analitico e strutturale del palazzo è stato compiuto dagli architetti Samantha Bruscia e Anastasia Nori. A me è toccato il gradito compito di avere tra le mani il documento e di rendermi conto della sua importanza come conferma di un’opera architettonica ancora

Figura 12.1

esistente di Guidobaldo del Monte, in quanto la ristrutturazione settecentesca ha conservato notevoli parti cinquecentesche dell'edificio.

Sono visibili gli scantinati a volte, lo scalone in pietra, le colonne del cortile centrale (Figura 12.1), i balaustrini delle arcate, alcuni portali e architravi, l'enorme sala del teatro con cartigli decorativi dipinti su una parete, che è l'attuale salone per conferenze. Si tratta di frammenti straordinari, documenti unici della progettazione di Guidobaldo architetto. Rivelano un'impronta di classicismo severo, rigoroso, improntato sull'uso della pietra grigia che doveva contrastare

[1] *Contratto—capitolato stipulato tra il conte Giulio Cesare Mamiani e i muratori Gio. Batta Paridi e Giovanni Antonio Mincioni di Fano*, Archivio di Stato, Pesaro, notaio Simone Rossi, anno 1599, pubblicato in (Calegari 2004a).

con le superfici chiare, di antica derivazione brunelleschiana: una affermazione di grande semplicità e razionalità.

Il committente Giulio Cesare Mamiani (1553–1613) era amministratore dei beni e "gentiluomo di camera" del duca Francesco Maria II, da lui ebbe il titolo di conte e l'onore di aggiungere al suo il cognome dei della Rovere, oltre che l'investitura del castello di Sant'Angelo in Lizzola. Quando nel 1588 nacque Giulio figlio del marchese Ippolito della Rovere cugino di Francesco Maria, fu Giulio Cesare Mamiani a tenerlo a battesimo nell'Arcivescovado di Urbino; gli stretti legami tra i due sono confermati dalla concessione di appartamenti nelle residenze ducali.

Altro legame, stretto ma senza dubbio complicato e difficile, Guidobaldo ebbe col duca Francesco Maria II. Mi limito a ricordare che Felice della Rovere, figlia naturale del duca Guidubaldo II della Rovere e della signora Caterina Pistori di Firenze, fu la moglie di Guidobaldo e che dal matrimonio nacquero diciassette figli. Francesco Maria gli era dunque cognato, e in gioventù era partito assieme al del Monte e ad altri giovani per combattere con l'armata della Lega Santa contro i Turchi nel 1571. Guidobaldo venne trattenuto a Messina da una malattia il 7 ottobre, giorno della terribile battaglia vittoriosa a Lepanto, dove si distinse il valore del giovane Francesco Maria.

Nel 1598 Guidobaldo venne chiamato a progettare gli archi trionfali per il passaggio di papa Clemente VIII, un incarico pubblico affidato anche ad altri giovani architetti, del tutto consono a chi, come il del Monte, aveva aperto nel 1575 una "scuola dei nobili" per la preparazione dei maggiori architetti locali.

Dunque nel 1599 l'incarico per il palazzo di Giulio Cesare Mamiani della Rovere rappresenta non solo l'unica prova architettonica ancora esistente di Guidobaldo a Pesaro, (dato che è andata completamente distrutta la chiesa del convento di Santa Maria degli Angeli, dove aveva avuto l'incarico di disegnare un progetto dopo il 1574), ma l'ulteriore conferma di un rapporto strettissimo con la cerchia dei della Rovere. Rapporto che finirà tristemente, come sappiamo, con l'allontanamento di Guidobaldo dalla corte e il ritorno a Mombaroccio negli ultimi suoi anni dal 1600 al 1605; ma di questi problemi, e della morte avvenuta il 6 gennaio 1607 a cui seguì la sepoltura nella chiesa del Corpus Domini a Pesaro (oggi distrutta), si occupa un'altra relazione del convegno.

Io vorrei aggiungere a queste brevi notizie la considerazione che i tre personaggi così legati tra loro—Giulio Cesare Mamiani, Francesco Maria II della Rovere, Guidobaldo del Monte—sono stati ritratti dal grandissimo Federico Barocci, di loro più anziano, che muore a Urbino nel 1612 dopo essere tornato da anni nella sua città e dopo avere guidato una bottega attivissima, composta di numerosi allievi e collaboratori.

Il ritratto di Francesco Maria è notissimo e si trova agli Uffizi, quello di Giulio Cesare Mamiani è finito a San Pietroburgo, museo dell'Hermitage.

Di Guidobaldo del Monte esistono due ritratti, uno più noto, conservato ai Musei Civici di Pesaro, che dovrebbe essere di mano del Barocci nel viso, mentre l'attaccatura dei capelli, dei peli della barba e la gorgiera ad ampie pieghe accuratissime, sembrano completate da un allievo. Misura 67 × 53 cm, proviene dalla collezione Machirelli Giordani, è stato esposto alla mostra sui della Rovere del 2004, nella sede di Urbania, è riscontrabile nel catalogo in una mia scheda (Calegari 2004b, 492-493). Guidobaldo dimostra un'età attorno ai quarant'anni, e indossa un abito in tessuto decorato a tratteggi obliqui, simile a quello del secondo ritratto, conservato a Firenze agli Uffizi tra le dieci tele di Federico Barocci. Appare a Firenze la stessa calvizie, mentre i baffi e la barba sono più canuti. Il quadro è più grande rispetto a quello di Pesaro (106 × 88 cm), e comprende anche una poltrona di legno sulla quale è seduto Guidobaldo, che appoggia su un bracciolo il braccio destro che sostiene il cappello. Lo sguardo intenso, severo e penetrante, è lo stesso del nostro ritratto, mentre quello di Firenze, che proviene da Urbino con le collezioni roveresche, veniva denominato nella Galleria degli Uffizi fino al 2004 *Ritratto di Ippolito della Rovere*, pur essendo stato riconosciuto come di Guidobaldo già dal 1825 e come tale riconfermato da vari studiosi tra i quali l'Olsen, il maggiore studioso di Federico Barocci. Mi sono accorta dell'errore nel 2004, in occasione della preparazione delle mostre roveresche, e ho avvertito la direzione degli Uffizi.

Questo convegno darà senz'altro un'ulteriore sollecitazione a far conoscere tutti e due i ritratti, che sembrano realizzati dal vivo con Guidobaldo in posa, e rappresentano un'indagine anche psicologica del personaggio, come solo Federico Barocci riusciva a fare nel suo tempo.

Riferimenti

Calegari, G. (2004a). Palazzo Mamiani della Rovere: indagini e scoperte. In: *Palazzo Gradari già Palazzo Mamiani Della Rovere. Indagini e scoperte dopo il restauro*. Ed. by D. Trebbi, S. Bruscia, A. Nori, G. Calegari. Ancona: Futura Officine Grafiche, 113–140.

— (2004b). Ritratto di Guidobaldo del Monte. In: *I della Rovere. Piero della Francesca, Raffello, Tiziano*. Ed. by P. D. Dal Poggetto. Milano: Electa, 492–493.

Chapter 13
Guidobaldo del Monte nel Granducato di Toscana e la scuola roveresca di architettura militare

Francesco Menchetti

Guidobaldo del Monte (1545–1607) intraprese a ventun'anni la sua carriera militare con una missione in Ungheria al fianco di Aurelio Fregoso, signore di Sant' Agata Feltria nel ducato di Urbino. Fregoso, condottiero militare, era cognato di Chiappino Vitelli, ambasciatore in Spagna nel 1587 e rappresentante di una importante famiglia di architetti militari toscani, collaboratori di Antonio da Sangallo il Giovane, tra cui ricordiamo Alessandro Vitelli che lavorò a Firenze alla fortezza da Basso, e Ferrante Vitelli (Bonardi 2007) impegnato invece nelle fortificazioni della Serenissima. Fregoso, al fianco dei senesi, prese parte nel 1553 a numerose spedizioni in Valdichiana e alla vittoria di Chiusi del 1554.[1]

Per Guidobaldo del Monte e suo figlio Orazio lo stato di Toscana diverrà familiare: il primo infatti, in qualità di ingegnere militare, nel 1589 si recò nel Granducato per effettuare la perlustrazione delle fortificazioni, mentre il secondo negli stessi anni divenne provveditore della fortezza di Pisa. Anche se non sappiamo quanto il Fregoso avesse potuto influenzare le conoscenze di architettura militare di del Monte, è invece chiaro che il signore di Sant'Agata fu uno dei primi capitani militari a suggerire a Guidobaldo di recarsi al servizio dei granduchi, decisione che d'altronde avevano già preso numerosi architetti urbinati come Giovan Battista Belluzzi,[2] Baldassarre Lanci[3] e Simone Genga.[4] Nel 1566 Fregoso e del Monte presero parte ad un'azione militare alla guida di 3.000 fanti inviati dal

[1] Il Fregoso nel 1556–57 passò al servizio di Cosimo de' Medici, quale generale della cavalleria e in seguito, nel 1565, divenne commissario delle difese di Portoferraio presso l'isola d'Elba (Dubost 1998).

[2] Su Giovan Battista Belluzzi detto il San Marino, cfr. (Lamberini 2007), monografia arricchita da un volume di regesto dei documenti.

[3] Guidobaldo II della Rovere duca di Urbino, nel 1558 invia due lettere a Cosimo I de' Medici perché concedesse al Lanci il permesso di tornare al proprio servizio; una possibilità che non si realizzò. Cfr. (Menchetti 2004, 69).

[4] La figura di Simone Genga non è stata ancora studiata in modo esauriente, si dovrebbe approfondire meglio il personaggio e le peculiarità della sua opera divisa fra Toscana e Ungheria. Si vedano gli studi di G.C. Romby in (Romby 2007).

duca di Toscana contro i Turchi, i quali avevano sferrato un attacco in Ungheria contro Massimiliano I.

La difesa organizzata dalla Toscana medicea della seconda metà del XVI secolo, nelle vicinanze non rassicuranti del ducato d'Urbino,[5] dello Stato Pontificio e dello Stato dei Presìdi in mano agli imperiali, s'imperniava su due figure principali, quelle di Baldassare Lanci[6] e di Bernardo Buontalenti[7] e su di un programma ancora quattrocentesco di fortificazione di tutti i centri che rivestivano una qualche importanza. Si trattava di un criterio dispersivo e antieconomico che non intaccava i valori dell'edilizia locale, spesso necessariamente adattata a manufatti precedenti non sostituibili totalmente o a caratteristiche orografiche speciali. Si vedano gli espedienti quali il fiancheggiamento insistito, la rottura e le angolazioni tenagliate del pentagono montano di San Martino in Mugello, iniziato dal Lanci il 30 giugno 1569, quelli di Sansepolcro e di Radicofani del 1556, nonché l'esempio coevo e assimilabile di San Quintino in Francia, opera del 1554 dell'architetto urbinate Giacomo Fusti Castrioti. D'altra parte si possono ricondurre a Bernardo Buontalenti, di una generazione più giovane rispetto al Lanci, il forte di Belvedere e in ultimo le opere da lui realizzate a Siena, a Livorno, a Grosseto e a Terra del Sole.

Come anticipato il tentativo da parte di Cosimo I de' Medici d'indebolire il vicino Stato d'Urbino, sottraendo ad esso le menti più geniali nel campo dell' architettura militare,[8] in particolare dopo l'annessione dello Stato di Siena, iniziò con l'arruolamento di Giovan Battista Belluzzi (1506–1554), Giovanni Camerini, Baldassarre Lanci (1510–1571), Simone Genga, per poi terminare con quello di Francesco Paciotto (1521–1591) e Guidobaldo del Monte. Alle ragioni tecniche si unirono quelle strategiche e spesso il Granducato e la Repubblica di Lucca preferirono convocare ingegneri che non avessero legami diretti con il territorio. Infatti, il 31 gennaio 1547, il segretario dell'Officio sopra la fortificazione della Repubblica di Lucca riferendosi al Belluzzi scrisse che desiderava avere "qualche persona da bene di loco non sospetto"[9] e di cui ci si potesse fidare.

Sicuramente nel caso di Guidobaldo del Monte, il fratello Francesco Maria del Monte (1549–1627), figura eminente di diplomatico nella corte toscana, eletto cardinale nel 1588 sotto il pontificato di Sisto V, ebbe un ruolo fondamentale affinché Guidobaldo stesso e suo figlio ricevessero un incarico nel Granducato.

Ferdinando I, divenuto Granduca dopo la morte di Francesco I, lasciò a Giulio Parigi la realizzazione degli affreschi dello "Stanzino dove sono li strumenti

[5] Lorenzo de' Medici il Giovane, detto "il Merda," aveva tentato di spodestare i della Rovere nel 1516, ma il suo dominio su Urbino durò ben poco.

[6] Si veda (Belluzzi 1980).

[7] Per uno studio sulla figura di Bernardo Buontalenti cfr. (Fara 1995).

[8] Su questo argomento cfr. (Borsarelli 1990).

[9] La citazione del documento è tratta da Romby (2007, 23).

da mattematica e carte di cosmografia e altro," dove sono raffigurate le macchine da guerra e gli strumenti idraulici ispirati da Filippo Pigafetta,[10] autore dell'edizione volgare delle *Meccaniche* di del Monte. Nel 1588 Francesco I de' Medici, come riferisce il Carteggio Universale, *Mediceo del Principato*,[11] veniva informato dai suoi ambasciatori romani sull'andamento degli affari e sugli impegni del cardinal Fancesco Maria del Monte il quale, a sua volta intratteneva buoni rapporti con il cardinal Montalto. Quell'anno il Granduca affidò l'incarico di perlustrare lo stato delle fortezze di Portoferraio, Grosseto e Terra del Sole, a Carlo Teti (1569) (Napoli 1529—Padova 1589). L'ingegnere militare napoletano agì in accordo con Francesco Montaguto, castellano a Portoferraio,[12] con Benedetto Merenghi, provveditore a Livorno, e con Giovan Battista Picchesi responsabile delle mura di Terra del Sole. A Portoferraio Montaguto trovò alcune difficoltà nell'avviare le opere: "la mia parola non passava in capitolo,"[13] commenterà; invece a Grosseto i lavori procedevano con una certa solerzia.[14]

Il granduca attraverso l'"Officio del Reggimento," i "Capitani di Parte Guelfa" e lo "Scrittoio delle Fortezze e Fabbriche,"[15] riservava particolare attenzione sia alle città di confine, che al progetto per un'arteria trans-appenninica da realizzare in accordo con Camillo Borghesi, vice-legato di Bologna, e con il cardinal Montalto. Camillo Borghesi, il 19 novembre 1588, scriverà da Bologna al Granduca: "Havendomi comandato Monsignor Illustrissimo Cardinal Montalto ch'io trattassi con questi Signori del Reggimento l'accomodare questa strada per Fiorenza a uso delli Carrozzi;"[16] in seguito la realtà dei fatti sarà un'altra e i problemi economici faranno rinviare i lavori.

Gli interessi del cardinal del Monte, fratello di Guidobaldo, per i temi della guerra e della fortificazione sono documentati in un *Memoriale* sulle fortezze diviso in sedici punti e scritto da Balduino Massa appositamente per il cardinale. Nel *Memoriale* si ricorda che la fortificazione sarà tanto più efficace con i bastio-

[10] Cfr. (Heikamp 1970; Prinz 1988).

[11] Archivio di Stato di Firenze (d'ora in avanti ASF), *Mediceo del Principato*, 797, II, c. 591r, antica numerazione.

[12] ASF, *Mediceo del Principato*, 797, II, c. 364 r, antica numerazione.

[13] *Ibidem*.

[14] "Di Grosseto io ne sono rimasto cotanto contento, che io stesso non lo dire: mi perdoni si io passo troppo inanzi V.A. Ser.ma ne faccio tenere bona cura, perché la bellezza della piazza, il commodo che po dar il paese lo merita, et, è, fanciulla da essere vagheggiata, et desiderata: il Signor Carlo [Teti] rassetterà per quanto mi dice lui, un poco le piaze, et restarà una bellissima fortificatione alla mia opinione," ASF, 797, II, c. 364r

[15] Un'integrazione tra i due uffici si ebbe con Andrea Arrighetti (1648), che alla carica di provveditore unì quelle precedenti di "Sovrintendente generale delle Fabbriche e Provveditore generale delle Fortezze;" cfr. (Romby 2007, 10); inoltre (Orefice 2005).

[16] ASF, *Mediceo del Principato*, 802, c. 128r, 19 novembre 1588. ASF, *Mediceo del Principato*, 804, c. 242r, 18 febbraio 1589.

ni e le cortine quanto più “se potrà defender con manco [meno] gente assai.”[17] Balduino Massa descrive le tecniche da utilizzare per la manutenzione e l’organizzazione dei fossi, dei soldati, delle mine, delle contramine e porge attenzione all’effetto di un particolare genere di palle di artiglieria di tipo esplosivo che, diversamente dalle ordinarie, erano in grado di “crepare” o esplodere una volta raggiunto l’obiettivo: il campo avversario oppure un vascello. Il quindicesimo punto del *Memoriale* si sofferma sul progetto di un nuovo canale per la città di Pisa, all’epoca porto di mare, attraverso il quale fare arrivare le navi percorrendo l’Arno oppure, in alternativa, sfruttando il canale vecchio di Livorno, con imbocco da Porta a Mare. Questo canale avrebbe permesso i nuovi piani urbanistici di Pisa favorendo la navigabilità fino a Firenze e “reparato [d]alle inundazioni [che] è solito da fare” l’Arno.

13.1 Guidobaldo e la scuola di ingegneria militare di Urbino

Benché Guidobaldo del Monte sia prevalentemente noto come scienziato, matematico e astronomo, viene ricordato nell’*Abecedario architettonico* dal pesarese Domenico Bonamini (Bonamini 1996) come capostipite della terza generazione di architetti civili e militari formatisi presso la corte roveresca sotto Francesco Maria II della Rovere. Gli elementi teorici che costituivano il fondamento delle fortificazioni venivano generalmente insegnati insieme alla matematica e alla meccanica, e a tal proposito si deve ricordare che Guidobaldo nelle *Meditatiunculae* analizzava il moto e la direzione dei proietti.[18] Guidobaldo si formò presso Federico Commandino (1509–1575), ritenuto padre della scienza urbinate (Sinisgalli 1984) e autore di un’edizione e commento del *Planisfero* (Commandino 1558) di Tolomeo il quale influenzò l’opera di numerosi trattatisti di architettura, tra i quali anche l’inglese John Dee, scienziato e astrologo, primo traduttore di un estratto del *De re aedificatoria* nel suo *Mathematicall praeface*, pubblicato a Londra nel 1570. Con Giovan Battista Commandino, ingegnere militare padre di Federico, nel 1507 Guidubaldo I da Montefeltro diede inizio alle nuove mura “alla moderna” di Urbino, formate da nove bastioni. Il cantiere giunse a compimento nel 1525 grazie al Commandino e a Bartolomeo Centogatti,[19] Lucantonio Biancarini, Francesco Girolamo Guidi e Girolamo Galli; sicuramente

[17] ASF, *Mediceo del Principato*, 803, c. 446r.

[18] Si veda nota 67.

[19] Gli studi sulle mura di Urbino risultano un po’ sorpassati mentre le ricerche più recenti prendono in considerazione solo alcune parti del fronte bastionato. Gianni Volpe affianca Bartolomeo Centogatti al Commandino, mentre Francesco Paolo Fiore cita Biancarini, Guidi e Galli. Nei prossimi studi ci si auspica di approfondire e chiarire sia i ruoli e le responsabilità dei singoli ingegneri, che gli aspetti cantieristici ed economici delle fortificazioni. Cfr. (Volpe 2007; Marconi et al. 1978).

fu da tale contesto che si formò quell'ambiente di ingegneri militari che esercitò un'influenza su Guidobaldo del Monte.

La scuola urbinate ebbe come suoi capisaldi Francesco Maria I della Rovere, autore dei *Discorsi Militari* (Della Rovere 1583), Girolamo Genga e proseguì con numerosi allievi per un lungo periodo fino alla devoluzione dello Stato alla Santa Sede, come testimoniano i trattati di architettura militare rimasti manoscritti e conservati alla Biblioteca Oliveriana di Pesaro e al Palazzo ducale di Urbania. In uno di questi manoscritti, senza autore, oltre alla tecnica poliorcetica urbinate, all'avanguardia nella penisola nel Cinquecento, si cita anche la trattatistica francese e i precetti di Sébastien le Preste, marchese di Vauban (1663–1707) ingegnere al servizio di Luigi XIV, che sopravanzò la scuola italiana grazie alla nuova tecnica della difesa decentrata.[20]

Gli "allievi" di Guidobaldo del Monte, architetti della terza generazione, furono Muzio Oddi,[21] Troiano Arcangeli, Francesco Ondedei, Francesco Guerrini, Giovan Battista Bernabei e Nicolò Sabbatini. Coloro che appartennero alla quarta generazione, e che continuarono a lavorare soprattutto nello Stato della Chiesa dopo la devoluzione del ducato urbinate, furono invece Almerico Remoli Almerici, Girolamo Arduini II, Paolo Emilio Mainardi e Giovan Battista Zanchi II,[22] i quali operarono secondo le linee di quella scuola che aveva come punti di riferimento Girolamo e Bartolomeo Genga, Filippo Terzi[23] e Nicolò Sabbatini. Alcune annotazioni manoscritte di autore anonimo, conservate presso la Biblioteca Passionei di Fossombrone, rappresentano le esercitazioni di disegno di giovani ingegneri urbinati intenti a studiare i fronti bastionati con spalle ad angolo retto e a coda di rondine.[24]

L'incarico di ingegnere militare include diverse abilità professionali che vanno dal muratore al legnaiolo, all'architetto; si dovrà attendere il secondo ventennio del Seicento per avere una graduale trasformazione nell'affermarsi del profilo degli ingegneri militari in base anche alla maggiore specializzazione, risultato di un

[20] L'autore descrive il modo da seguire per disegnare una città pentagonale come Pesaro: "Modo di fortificare all'italiana in pentagono. Fatta la scala di 80, 90, 100 parti eguali che significano pertiche, e prese fra le punte del compasso pertiche 52, 4 piedi, e 3 diti, si formi il circuito, e si divida in 5 parti. Riesce nel pentagono la ficcante di 63 pertiche e un piede, la radente di 58 piedi e 7 diti. La fronte di 21 6 piedi e 9 diti. La distanza de' lati di 11, un piede e 9 diti. Il lato esteriore di 854 piedi e 4 deti, et il fianco prolongato di 7 pertiche un piede 6 deti. Il secondo fianco di 4 pertiche, 8 piedi e 4 deti," Biblioteca Comunale di Urbania, ms. 40, *Architettura militare/trigonometria*, c.n.n. La descrizione archivistica del manoscritto è di Enrico Liburdi, cfr. (Liburdi 1925).
[21] Per Muzio Oddi si veda la Vita di Muzio Oddi pubblicata nel quarto capitolo del volume (Gamba and Montebelli 1988, 109 e sgg). Inoltre il volume dedicato al taccuino di disegni realizzati dall'architetto mentre si trovava recluso a Rocca Costanza (Eiche 2005).
[22] Cfr. l'introduzione al manoscritto del Bonamini in (Bonamini 1996).
[23] Per Filippo Terzi e la sua attività quale architetto civile dei della Rovere si veda (Volpe 2002).
[24] Biblioteca Passionei Fossombrone, ms. 103, cc. 219v–232r.

notevole avanzamento negli studi matematici e di meccanica, che ad esempio in Spagna si consolidò nel Collegio di Segovia.[25] Solamente nel 1817 con Pio VII il corpo degli Ingegneri pontifici di acque e strade vennero istituzionalizzati, prima che altrove nelle Scuole di Ferrara e di Roma.

Nel 1828 il conte Giuseppe Mamiani, vicesegretario dell'Accademia pesarese e autore degli *Elogi storici di Federico Commandino G. Ubaldo del Monte* (Mamiani 1828), annovera tra i più celebri architetti urbinati Bramante, Raffaello e Paciotto, affiancandoli a Giovan Battista Commandino, al veneto Michele Sanmicheli e al bolognese Francesco De' Marchi.

Francesco Maria I della Rovere, anch'egli esperto in ingegneria militare, nei suoi *Discorsi Militari* (Della Rovere 1583) citava tra i più celebri architetti militari Antonio da Sangallo il Giovane, Pierfrancesco da Viterbo e Michele Sanmicheli, tralasciando di citare però quelli rovereschi.

Il mestiere delle armi sostenne l'economia del Montefeltro sin dal Quattrocento. Il più importante architetto militare al servizio di Federico da Montefeltro fu il senese Francesco di Giorgio Martini, il cui nome è legato a quel periodo di architettura di transizione in cui si passò dalle fortezze medievali caratterizzate dalle torri circolari ai bastioni angolari scarpati. Francesco di Giorgio fornirà l'idea dei baluardi e dei capannati e riprenderà il concetto di fiancheggiamento; il Sangallo introdurrà quello delle casematte con troniere biconiche e del corridoio di servizio; Michelangelo, maestro del Buontalenti, quello dell'assorbimento elastico dell'urto; il Tartaglia quello del tiro di rimbalzo ed infine, come sostiene Cassi Ramelli, Galileo Galilei introdurrà i principi "della mutua visibilità delle varie parti della fortezza e della necessità dell'abolizione di ogni angolo morto" (Cassi Ramelli 1964, 359–360).

13.2 Del Monte e il rilievo delle fortificazioni

Nel 1564 Giacomo Fusti Castrioti, autore del trattato *Della fortificazione delle città,* stampato a Venezia e sovrintendente alle fortezze del re Arrigo in Francia, descrisse tra i primi la 'prospettiva soldatesca' e nonostante egli parli di prospettiva, le tavole che accompagnano il testo sono in realtà assonometrie militari. In quest'opera per la prima volta la "proiezione parallela obliqua viene esplicitamente contrapposta alla proiezione rinascimentale" (Scolari 2005, 28). Questa prospettiva soldatesca viene anche chiamata prospettiva cavaliera[26] per la sua associazione con il cavaliere o piattaforma, corpo di fabbrica militare che

[25] Cfr. (Navascues Palacios 1996).

[26] Come spiega l'etimologia del termine cavaliere, cioè la posizione preminente, come quella di un uomo a cavallo, grazie alla sua maggiore altezza permette di sorvegliare i bastioni adiacenti. Cfr. (Scolari 2005, 43, n. 14).

da Bartolomeo Genga[27] in poi, con la piattaforma del baluardo di Provenza a Vittoriosa (Malta), viene interposta tra due bastioni.

Belluzzi, allievo di Girolamo Genga, nella *Nuova inventione di fabricar fortezze* (Belici [Belluzzi] 1598, 1–6) parla di una prospettiva che "serve alla pratica [...] perché avremo bisogno di vedere la cosa tutta intera, spiccata, misurata, qual co' le seste si possa trovare la verità precisamente."

Guidobaldo del Monte, a proposito delle fortezze di Toscana, in una lettera autografa e sinora inedita rinvenuta nel corso di queste ricerche, descrive due disegni nei quali viene rilevata, in aggiunta alle fortificazioni, anche l'orografia del sito, ossia il monte Roncaticcio nel Mugello, una montagna dalla quale si sarebbero potute controllare la campagna circostante e la fortezza medicea di San Martino, caratterizzata da sette bastioni e con il rilevante perimetro di un miglio. Dal momento che non è stato rinvenuto il disegno di San Martino, attraverso la sommaria descrizione della fortezza si può dedurre che Guidobaldo stesse studiando le caratteristiche del monte Roncaticcio avvalendosi di un rilievo, finalizzato al calcolo della gittata dei proiettili che avrebbero potuto colpire la cittadella stessa, con traiettorie "paraboliche," già studiate nelle *Meditatiunculae*. Guidobaldo avrebbe potuto avvalersi di uno dei numerosi strumenti messi a punto in quegli anni: lo squadro agrimensorio a otto fenditure, di cui tratta nelle stesse *Meditatiunculae*, oppure il "Distanziometro" inventato da Baldassarre Lanci, di cui un modello è conservato al Museo Galileo di Firenze. La tavoletta pretoriana, maggiormente diffusa in quegli anni, non sarebbe stata utilizzabile in questo caso a motivo dei forti dislivelli.

Gli strumenti di misura in uso per tracciare le distanze e rappresentare le piante sono ricordati nella trattatistica e si basavano sulla triangolazione. Alberti nel *De re aedificatoria* (II,1) nonostante l'assenza di rappresentazioni grafiche nel trattato, suggerisce agli architetti il disegno in pianta e prospetto, come descritto nella seconda edizione della traduzione in volgare di Cosimo Bartoli: il pittore si sarebbe dovuto preoccupare delle luci e delle ombre mentre l'architetto "fa risaltare in fuora i rilievi mediante il disegno della pianta" con "verissimi scompartimenti fondati sulla ragione" (Bartoli 1565, 36). I recenti studi svolti sui sei testimoni della *Descriptio Urbis Romae*[28] hanno chiarito che "l'horizon," disco di legno o di metallo destinato al rilievo scultoreo, non poteva essere utilizzato per il rilevamento architettonico, come avvallato in precedenza da alcuni studiosi (Borchi and Cantile 2003, 152), mentre per questa operazione era indispensabile disegnare un cerchio su un foglio da disegno e impiegare un raggio mobile.[29] Mariano di Jacopo, detto il Taccola, nella *Nova Scientia* descrive l'utilizzo del

[27] Per i progetti d'ingegneria militare di Bartolomeo Genga cfr. (Menchetti 1999).
[28] Cfr. (Alberti 2005).
[29] Cfr. (Di Teodoro 2006). Inoltre si veda (Furlan 2006).

quadrante, strumento citato in seguito anche da Egnazio Danti,[30] professore di matematica presso lo Studio bolognese. Nel 1558 Baldassarre Lanci, nell'intento di ottenere un nuovo sistema di misurazione, inventò un "Distanziometro."[31] montando insieme il quadrato delle ombre, una brugola, la scala graduata e il planisfero geografico. Uno strumento simile venne proposto anche da Girolamo Maggi e Giacomo Castrioti (Maggi and Castriotto 1584) nel *Della fortificazione della città*.

Finora non si era a conoscenza di quale fosse stato l'effettivo impegno di Guidobaldo in Toscana, ad eccezione del fatto che l'architetto ricevette l'importante incarico di visitare le fortezze e le città del Granducato insieme a Donato Dell'Antella, provveditore generale delle fortezze. Grazie alla lettera autografa datata 15 luglio 1589,[32] in cui si parla dei disegni sopra descritti, si ha la testimonianza scritta di un Guidobaldo intento ad utilizzare gli strumenti da disegno per eseguire piante e alzati dei fronti bastionati. Bonaiuto Lorini nel *Delle fortificazioni* […] *libri cinque* (Lorini 1597) descrive con estrema chiarezza questo genere di disegno:

> Dovendo così fatte prospettive mostrare d'appresso la loro altezza; perciò si formano tutte con le linee parallele sì per altezza, come per larghezza di qual si voglia fabbrica, posta però perpendicolare sopra il piano […] tirando le linee, che caschino perpendicolari, sì tirate in infinito venghino sempre tra di loro parallele (Scolari 2005, 28).

Guidobaldo del Monte nel *Planisphaeriorium Universalis theorica* (Monte 1579, II, 57), commentando il *Planisfero* di Juan de Rojas, rileva come l'autore eviti di spiegare quale dovesse essere la posizione dell'occhio. L'introduzione al primo libro dei *Perspectivae libri sex*,[33] dedicata all'architettura e all'analisi delle leggi dell'ottica, fu consultata dagli ingegneri militari del XVII secolo interessati a risolvere la problematica dell'angolazione del fianco nei bastioni. La questione del fianco produrrà di fatto due ben distinte scuole di pensiero, quella sangallesca che consigliava l'utilizzo di bastioni a spalla retta e l'altra, legata alla forma ad angolo acuto dei bastioni che riscuoterà maggior successo, soprattutto nel Seicento, con Vauban e la scuola francese (Martella 2003, 299–304).

[30] Cfr. (Vignola 1583). Sugli strumenti di misurazione si veda (Stroffolino 1999); inoltre (Borchi and Cantile 2003, 45–79, 107–136).
[31] Cfr. (Borchi and Cantile 2003, 162).
[32] ASF, *Mediceo del Principato*, 807, II, c. 548r.
[33] G. del Monte, *Perspectivae Libri sex*, nell'edizione di R. Sinisgalli (1984, 39).

13.3 Del Monte Soprintendente delle fortificazioni medicee di Pisa, Livorno, San Piero a Sieve e Terra del Sole

Prima di conoscere nel dettaglio il viaggio effettuato da Guidobaldo in veste di architetto militare nella Toscana medicea, della durata approssimativa di un mese e avvenuto nel 1589 e non nel 1588 come sostenuto finora, si deve sottolineare che questa non fu l'unica occasione in cui il del Monte intervenne quale esperto di ingegneria militare e idraulica. Guidobaldo in precedenza tentò di partecipare alla battaglia di Lepanto, ma sappiamo che purtroppo un'improvvisa malattia lo costrinse a rinunciare al viaggio soggiornando a Palermo. Nel 1587 dopo essersi occupato della fabbrica del nuovo porto (De Nicoló 2005) e dei condotti di villa Miralfiore, iniziò a Pesaro una complessa opera idraulica che fu in grado di far innalzare l'acqua dal livello del fiume Foglia al giardino del Barchetto.[34] Del Monte, dopo essere stato eletto nel Consiglio cittadino il 17 febbraio 1587,[35] in sostituzione del padre intervenne per volontà del duca quale "eletto alla fonte"[36] al fine di offrire il proprio parere sulla fabbrica della fonte pubblica, ovvero la nuova fontana di piazza costruita in concomitanza con la ristrutturazione dell'acquedotto cittadino. Antonio Brancati (2000, 104–106, n. 8), nel recente saggio dedicato a questa importante fabbrica roveresca, descrive il sistema di approvigionamento idrico a Pesaro dall'antichità in poi, ma non ricorda l'intervento di

[34] Il primo luglio 1587 il conte Giulio Cesare Mamiani, favorito del duca Francesco Maria II, scriveva a Guidobaldo del Monte riguardo alla necessità di risolvere un problema idraulico inerente a una conduttura che portava l'acqua, proveniente dalle sorgenti del monte San Bartolo, alla nuova peschiera nel casino ducale del Barchetto, un giardino collocato più in alto rispetto al vicino fiume Foglia, e ubicato a ridosso delle mura cittadine tra il cavaliere di Miralfiore e il bastione del Carmine, progettati da Pierfrancesco da Viterbo. Mamiani parla di una Scrittura di del Monte riguardante "l'horologio che va nel Calamaro al Fiume." A tal proposito il duca chiedeva maggiori informazioni sull'orologio e sulle singole parti del "calamaro," un calamaio con la personificazione del Fiume su di uno scoglio destinato alla Corona di Spagna. Il lavoro usciva dal botteghino ducale grazie al progetto di un orologiaio tedesco e la consulenza di Guidobaldo. Nella missiva si chiedeva inoltre a del Monte, non appena ne avesse trovato il tempo, di provvedere al "condotto della Peschiera che propone mastro Lazzaro," Biblioteca Oliveriana Pesaro (d'ora in avanti BOP), ms. 211, *Lettere di diversi*, c. 102 r. I lavori al Barchetto furono effettuati in concomitanza con la visita di papa Gregorio XIII, che si sarebbe dovuto recare a Padova. In quel periodo Guidobaldo del Monte ricevette complessivamente sei lettere a proposito dei lavori alle "fonti," ossia riguardo ai "tomboli per rifare i condutti della grotta [di Miralfiore] si potrà valere di quelli che si fanno per la fonte di Pesaro," al Barchetto e alla fontana della Libreria posta nella villa della Vedetta. I meccanismi idraulici da giardino e i relativi disegni del fondo roveresco sono stati analizzati dallo scrivente nell'intervento *Orazio e Guidobaldo del Monte: dagli apparati scenici ai congegni idraulici da giardino* al convegno internazionale "I Barocci tra arte e scienza," Urbino, 5–6 ottobre 2012, di cui si attende l'uscita degli atti.

[35] BOP, *Archivio Storico Comunale di Pesaro*, Atti del Consiglio Comunale, 1580–1609, II C 1, cc. 65v–66r.

[36] *Ibidem*, II C 1, c. 67v.

del Monte, il quale dal 1587 al 1591[37] fu responsabile dei lavori insieme a Giulio Cesare Mamiani, Carlo Macigno e Giacomo Ciarlatino "soprastante alla fonte et fabbrica."

Per quanto riguarda il Granducato, Francesco Montaguto, provveditore della fortezza di Livorno nonché collaboratore nel 1565 di Aurelio Fregoso,[38] nel giugno del 1589 si confrontò con una commissione di architetti e ingegneri militari in visita ufficiale in Toscana guidata da Guidobaldo del Monte e accompagnati da Donato Dell'Antella.

A Livorno i cantieri erano ostacolati dal mare, soprattutto nel periodo invernale, quando trascinava via i materiali con "grandissima dificultà di aque et rovinamenti di terra."[39] Questa situazione è documentata dal disegno non firmato, sinora inedito, eseguito in occasione dei lavori ai condotti d'acqua del porto di Livorno, un tracciato inviato da Michelangelo Bandino a Piero Usimbardi, primo

[37]Ranieri del Monte era stato eletto dal duca stesso tra i Commissari della fonte pubblica, un'opera complessa che fu messa in esecuzione dal 1585 con Francesco Maria II. La fontana da collocare di fronte al Palazzo ducale doveva nascere al centro della "Piazza grande," nel nuovo fulcro cittadino, andando a sostituire la fontana della Piazzetta del Quarto. Del Monte nel consiglio dell'11 giugno 1587 suggerì al gonfaloniere e agli altri consiglieri di eleggere, oltre al soprastante, altri due commissari, viste le frequenti assenze del Mamiani, del Macigno, e di lui stesso, inoltre propose di affidare al depositario della città i conti della fabbrica della fonte (BOP, Archivio Storico Comunale di Pesaro, Atti del Consiglio Comunale, II C 1, cc. 67v, 68v). Di seguito nel Consiglio del 15 settembre 1587 Guidobaldo del Monte, in sostituzione del padre fece un'istanza affinché s'incrementasse la spesa pubblica (*Ibidem*, II C 1, c. 72r). In data 11 ottobre 1587 Scipione Paduani, esattore, seguendo il consiglio del matematico ed esperto di idraulica, richiese al Consiglio l'elezione di un nuovo esattore dei dazi. Al termine del 1587, nel Consiglio dell'11 ottobre 1587 i commissari decisero di pagare i danni causati ai proprietari terrieri dalla ristrutturazione dell'acquedotto. Nel 1588 gli alti costi dei materiali provocarono di nuovo un dibattito tra il del Monte e gli altri commissari nel Consiglio presenti il 21 maggio di quell'anno. I fornaciai non fornivano più i mattoni, la "pietra cotta," secondo il prezzo pattuito perché denunciavano l'impennata del prezzo del legname. Mentre Flaminio Clemente suggeriva di eleggere due nuovi commissari che controllassero i prezzi, del Monte era dell'avviso che questa iniziativa fosse inutile. L'architetto sostenne: "Non essere di presente necessario far elettione d'huomini, né alterare li prezzi alla pietra già cotta, perché è già fatta, ma quella che faranno, et coceranno si potranno eleggere et allhora si farà conto a penna, et calamaro del tutto," *Ibidem*, II C 1c. 78r. Del Monte d'accordo con il cavalier Mazza decise di ribadire ai fornaciai il prezzo pattuito "cinquanta migliara di matoni condotti per la spiaggia di Fano a D[ucati] 4 il migliaro," *Ibidem*, c. 78r. Negli anni che seguono lo scienziato si oppose all'inasprimento delle tassazioni, specie quella sul pane. La fonte fu inaugurata solamente il 13 luglio 1593 con la spesa complessiva di 12.000 scudi. L'autore del disegno della fontana purtroppo non è noto, ma dovette sicuramente essere un architetto della cerchia urbinate, vicino al matematico di Mombaroccio. Lo studio degli atti consiliari ha evidenziato per la prima volta il ruolo centrale ricoperto da del Monte nelle decisioni che duca e consiglieri intrapresero per l'acquedotto rinascimentale, un condotto che rimase attivo fino all'Ottocento. Cfr. (Brancati 2000, 106, n. 13).

[38]Aurelio Fregoso era stato commissario delle difese di Portoferraio e condottiero militare con Guidobaldo del Monte in Ungheria, cfr. nota 1.

[39]ASF, *Mediceo del Principato*, 804, c. 55r, 3 febbraio 1589.

segretario del Granduca.[40] A Livorno, il porto più importante del Granducato, era impegnato un ingente numero fra muratori, spianatori, fabbri, legnaiuoli, stallieri insieme a "quelli che vanno con le carette di cavalli," "quelli che fanno fuoco alla fornacie per ogni colta" e "quelli che fanno panchoni per metter al porto,"[41] come ricorda un elenco stilato il 24 aprile 1588 da Benedetto Merenghi, provveditore di Livorno. Orazio del Monte, figlio di Guidobaldo e provveditore delle fortezze di Pisa, per favorire i dispendiosi cantieri[42] guidati dal Montaguto, il 25 gennaio 1589[43] scrisse una lettera in cui si appellò a Belisario Vinta segretario del Granduca chiedendo l'esenzione delle gabelle del grano a favore dei livornesi.

Il 5 aprile 1589, prima dell'arrivo a Livorno della commissione guidata da del Monte, Montaguto scrisse al Granduca Ferdinando I in quanto non era in possesso di disegni comprensibili e quindi adeguati alla messa in opera della nuova fortezza che si doveva sovrapporre a quella già esistente:

> Non ho né pianta, né modello di Livorno [...] Ho visto il desegno che la S.V. mi ha mandato et senza vederlo in una pianta, o modello, non se può parlare con resolutione perché il vederlo così, et non veder la ragione. La forma pare brutta, poiché se non vi fossero quelle due linee che si riflettono saria un triangolo: figura da pigliarla dove la necessità sforza; et li angoli vengano acuti, et non vi essendo la scala [metrica] non posso sapere di che spalla venghano li fianchi, et senza la pianta non si puol vedere, come le canoniere venghano coperte, ne anco quanto sia il suo recinto.[44]

In ultimo il Montaguto concluse la missiva richiedendo un disegno in scala e la nuova planimetria insieme alla vecchia: la "pianta vechia dentro alla nova,"[45] sicuramente in questo modo sarebbe stato chiaro in quale modo proseguire i cantieri.

Il 17 giugno 1588 Guidobaldo del Monte inviò una lettera[46] scritta di suo pugno al Granduca di Toscana per ringraziarlo della fiducia che gli era stata ac-

---

[40] ASF, *Mediceo del Principato*, 800, c. 224r, 23 ottobre 1558.

[41] ASF, *Mediceo del Principato*, 797, II, cc. 490r, 491r.

[42] Benedetto Merenghi, provveditore alle fortificazioni, stila una lista di spese destinate alle ciurme impegnate nei cantieri: cioè muratori, spianatori, fabbri, legnaiuoli, carrettieri con cavalli, stallieri, fornaciai addetti alla cottura dei mattoni, e "quelli che fanno panchoni per metter al porto," ASF, *Mediceo del Principato*, 797, II, c. 491r.

[43] ASF, *Mediceo del Principato*, 804, c. 198r, 25 febbraio 1589.

[44] ASF, *Mediceo del Principato*, 805, II, c. 651r.

[45] *Ibidem*.

[46] "Serenissimo Signor, e pron. Mio col.mo. Agl'infiniti oblighi, ch'io devo all'At.za V. ser.ma per tanti, e tanti favori, che ella fa di continuo alla casa mia, non so per hora in che modo mostrarle altro segno dell'infinito desiderio, che io tengo di servirla, se non dedicarle un mio figliuolo per suo servitore, che havendomi fatta tanta gratia di haverlo accettato per tale, mi accresce tanto maggiormente

cordata e in particolare per la clemenza mostrata nei riguardi di suo figlio Orazio, ingaggiato a Pisa. Orazio si occupò anche dell'organizzazione dell'esercito dislocato tra Livorno, Campiglia e Pisa e organizzò i festeggiamenti per le nozze del Granduca con la principessa di Lorena. Come avvertiva l'arcivescovo di Siena in una lettera del 29 marzo 1589, con l'aiuto di Roberto Ridolfi e di Orazio del Monte, si stava appunto preparando una festa sul ponte di Pisa con luminarie e fuochi, della durata di tre notti. Orazio era il promotore della cosiddetta "battaglia del Ponte,"[47] una guerra simulata tra cristiani e turchi, "sciocchezza" secondo il vescovo, che avrebbe avuto come centro della scena una barca di musici, nave che in quei giorni i maestri d'ascia stavano preparando nel porto di Livorno.

Qualche tempo prima Guidobaldo del Monte scrisse al Granduca una lettera da Pesaro in cui gli annunciava il suo imminente arrivo:

Grazie tanto grandi son queste, che si son ricevute dalle mano di V. Al.za nella persona di mio fratello Cardinale, eccedono ogni memoria, et esempio. [...] fra tanto starò aspettando che'l S. Cardinale mio fratello sia tornato a Fiorenza, per venir anch'io a far personalmente riverenza all'Altezza Sua.[48]

Il viaggio che Guidobaldo intraprese nel Granducato di Toscana non era mai stato indagato e, come già accennato, era stato fatto risalire fino ad ora al 1588, anno dell'incarico ufficiale quale soprintendente delle fortezze toscane. Grazie al ritrovamento di alcuni documenti originali, lettere di seguito riportate, si può oggi affermare con certezza invece che questa ricognizione delle fortezze medicee iniziò nei primi giorni di giugno del 1589.

---

l'obligo che io le debbo havere del che la ringratio inifinitj; et le vivo e viverò sempre obligatissimo servitore, supplicandola a comandarmj, che me ne farà gratia singolarissima. Et con ogni humiltà le bascio le mani. Di Pesaro alli 17 di giugno del 1588. Di V.A. Ser.ma Divotissimo et obligatissimo Signore. Guidobaldo de Marchesi del Monte." ASF, *Mediceo del Principato*, 798, c. 795r.

[47]"Et però disegnano il Commissario et castellano di fare un arco alla porta mare, et servendosi di molte cose che avanzorno nella venuta di V.A., calculano la spesa di S[cudi] 1620 et voriano fare una barca con musica, et poi farla combattere da Turchi" ASF, *Mediceo del Principato*, 805, I, cc. 513r–v.

[48]"Grazie tanto grandi son queste, che si son ricevute dalle mano di Vostra Altezza nella persona di mio fratello hora Cardinale, eccedono ogni memoria, et esempio. Ma quanto più sono da me conosciute, tanto meno mi trovo a renderne a Vostra Altezza quelle infinite gratie, ch'io dirò. La dignità per mero, e solo favor suo conferitagli è altissima. Il modo, e l'occasione mirabile, e singolare, e la liberalità con che Vostra Altezza l'ha accompagnata, è stata sì maraviglioso, che da ogni altro che fosse venuta, fuor che dalle su magnanimità, havrebbe dell'incredibile. Resta solo per far questi segnalatissimi benefitij maggiorij, ch'ello non sdegni, che la gratitudine dell'animo mio, e della casa mia, poi che non po' dimostrarsi in alcuna cosa proporzionata all'altezza del Benefattore, e dal benefitio si dimostri almeno, in quel che può facendo la carta dell'humilissimo, e sempre constantissimo affetto nostro, con il quale siamo perpetuamente in ogni occorrenze per esporre con ogni prontezza la vita, il sangue, in servitio di vostra Altezza e della Serenissima Sua casa. Fra tanto starò aspettando che 'l Signor Cardinale mio fratello sia tornato a Fiorenza, per venir anch'io a far personalmente riverenza all'Altezza Sua alla quale prego continuamente dal Sig. Iddio ogni maggior argumento di felicità. Di Pesaro alli 23 di dicembre 1588. Di V.A. Ser.ma Divotissimo et obligatissimo Signore Guidobaldo de' Marchesi del Monte." ASF, *Mediceo del Principato*, 802, c. 500r.

Il primo giugno 1589 Orazio del Monte scrisse una relazione per il Granduca in merito alla visita alle fortezze svolta dal padre Guidobaldo in compagnia di altri "signori:"

> Ricevei una lettera di V.S. R.ma et ho inteso il dissiderio che ha S.A.S. di fare qua degli archibusieri a cavallo […] comparvero già hiermattina [a Pisa] a bonissima hora il signor Guidobaldo [del Monte] con il Conte [Francesco] Paciotto e quelli altri signori [Donato Dell'Antella e V. Martelli] et hanno dato una vista a quello detto Paciotto voleva fare in questa fortezza e infatti si è fatto confessare che li pezzi che stanno per guardare il puntone [uno dei tre puntoni progettati in precedenza da Giuliano e Antonio da Sangallo] sono scoperti, se ne andorno a Livorno, e non havevano ordine nessuno ch'io v'andassi, si che per il meglio elessi a starmene a Pisa […] a S.A.S. et ancora dirò a V.S. R.ma come il solito è di metter le guardie alla marina e che per quanto intendo per ancora non ci è ordine nessuno, e con questo le bacio le mani restandoli servitore di cuore e pregando Iddio per ogni suo contento. Di Castello di Pisa il primo di giugno 1589/Di V.S. M. Ill.ma e R.ma, Sr., Aff.to Horatio di Marchesi del Monte.[49]

I documenti descrivono Guidobaldo intento a tracciare il rilievo delle fortificazioni di Pisa, Livorno, San Piero a Sieve e Terra del Sole.

Donato Dell'Antella,[50] appartenente ad una nota famiglia patrizia fiorentina, nel 1587–88 oltre a soprintendere le fabbriche fiorentine, faceva parte di una commissione incaricata di visitare la Maremma senese e di bonificare le pianure di Pisa e Firenze; inoltre nel 1590 il Dell'Antella risulta coinvolto nei lavori della fortezza di Belvedere a Firenze. Dell'Antella, in una missiva,[51] dichiara la sua amicizia con Francesco Paciotto (1521–1591), architetto formatosi a Urbino presso il Commandino. Paciotto, coinvolto insieme a del Monte e Dell'Antella nei lavori di Livorno, si era occupato anche di Lucca, di Portoferraio[52] e di numerose fortificazioni toscane diventando ben presto, durante la seconda metà del

[49] *Ibidem*, 806, cc. 256r–v.

[50] Le sopraccitate notizie sul Dell'Antella sono tratte dagli indici manoscritti delle *Notizie storiche*; i tre volumi furono compilati verso la metà dell'Ottocento utilizzando le notizie desunte dagli "spogli rossi" dell'abate R. Tanzini. ASF, *Indice delle notizie storiche, scientifiche, letterarie estratte dall'Archivio Mediceo*, I, pp. 55–56; Indice delle notizie storiche, scientifiche, letterarie estratte dall'Archivio Mediceo, II, pp. 146–147.

[51] ASF, *Mediceo del Principato*, 805, I, c. 20r.

[52] Piero Rossi, castellano di Portoferraio, il 3 marzo 1588 riferì al Granduca la notizia di un modello della fortezza disegnato da Paciotto ed eseguito da Domenico Capomastro, ASF, *Mediceo del Principato*, 885, I, cc. 44r–v.

Cinquecento, uno degli architetti militari più richiesti presso le principali signorie italiane. Venne richiamato nel Granducato per tre volte e ricevette l'incarico di Ingegnere Generale della Chiesa nel 1550.[53]

Il 2 giugno 1589 Giovanni da Volterra, castellano di Livorno, riferì al Granduca che Donato Dell'Antella, con Guidobaldo del Monte e altri signori, vennero alloggiati nelle stanze del castello ma, nonostante i convenevoli e gli scambi di opinioni sui progetti da eseguire alla fortezza livornese si giunse ad un nulla di fatto. Le parole del castellano dimostrano la propria totale sfiducia nell'operato della commissione e in una soluzione che potesse risolvere in breve quale strada prendere per il prosieguo dei lavori[54] alla Fortezza Nuova e questo nonostante la relazione dettagliata scritta "a favore segnalatissimo" del Granduca.

A proposito della fortezza di Livorno si deve chiarire che nel 1575 il successore di Cosimo, Francesco I, decise di ingrandire il porto, come testimonia una lettera del 2 aprile 1588 di Bartolomeo Ammannati. La carta individuata nel corso di questa ricerca descrive la costruzione di una nuova fortificazione e di una nuova città. Il progetto era stato affidato a Bernardo Buontalenti che nel 1576 delineò un pentagono bastionato sul modello di quello di Pesaro, circondato da un fossato comunicante col mare.

Il circuito bastionato accoglieva la maglia ortogonale dell'impianto urbanistico. La visita di del Monte cadde nel momento in cui Francesco I e Buontalenti, a circa dieci anni dalla posa della prima pietra, trovarono necessario un maggior controllo del tracciato interno alle mura in relazione ai progressi dell'artiglieria. Nel 1590 in seguito alle visite e ai progetti di Paciotto, congiunti con la consulenza di del Monte e Buontalenti, Ferdinando I decise di trasformare il bastione nord-est in una grande fortezza chiamata Fortezza Nuova.

Nel 1571 qualcosa di analogo era accaduto ad Ancona con il Paciotto che, con l'avvallo di Guidobaldo II della Rovere, aveva realizzato un modello per il campo trincerato (fabbrica bastionata autonoma e avanzata in direzione della campagna) in aggiunta alla fortezza anconetana di Antonio da Sangallo il Giovane. Paciotto fu tra l'altro anche autore di un lazzaretto fortificato ad Ancona, sinora quasi ignorato (Menchetti 2007, 65–80) e di un trattato manoscritto sui metodi di rilievo con lo squadro (Ragni 2001).

---

[53] Per una bibliografia sul Paciotto e la sua attività svolta in particolare presso Ancona si veda (Menchetti 2007).

[54] "Qua fu il signor Donato Dell'Antella con il fratello dell'Illustrissimo Cardinale del Monte con altri signori e di alogiare in castello che per essere tutti servitori di Sua Altezza Serenissima li ricevetti volentieri e non credo si intende per questi pure [che direzione prendere con la nuova fortezza] arò caro che Vostra Signoria Illustrissimo e Reverendissimo me ne avrà se piace a Sua Altezza Serenissima, acciò sapia un'altra volta che ho da fare che tutto scrissero a favore segnalatissimo di Vostra Signoria et Reverendissimo appresso alli molti altri venuti," ASF, *Mediceo del Principato*, 806, c. 272r.

A Livorno nel 1587 Buontalenti prospettava di chiudere alla gola, tramite un tracciato bastionato, il baluardo di Sant'Andrea per consentirgli l'autonomia difensiva propria delle fortezze. Egli progetta un'ulteriore articolazione in fronti bastionati e accentua il valore militare della strada Giulia con la creazione di una fortezza vicino alla porta mare.

Nel 1590, sotto il governo di Ferdinando I e a seguito dei progetti degli urbinati, Buontalenti portava ulteriori migliorie alla fortificazione di Livorno, con la trasformazione prima dei baluardi di Sant'Andrea e San Francesco in fortezze autonome e poi dei baluardi San Francesco e Santa Barbara, uniti a costituire la Fortezza Nuova.

Paciotto, presente per la terza volta in Toscana nel 1589 e già attivo in questo ducato sin dagli anni '60, si trovò sia a Lucca che a Portoferraio nel 1589, facendo recapitare un modello della fortificazione di Portoferraio. Paciotto nell'ottobre 1588 insieme al Dell'Antella e a Clemente Piccolomini visitò le fortezze di Siena e Grosseto, per cui stilò una relazione, e in seguito anche quelle di Radicofani,[55] di Montepulciano e della Valdichiana. Come testimonia una missiva del 3 marzo 1589,[56] il Paciotto aveva fatto giungere un modello della fortezza di Portoferraio per mano di Domenico capomastro e Piero Rossi castellano, il quale, in seguito ai nuovi ordini, fece accomodare "il puntone per portar li sassi per la catena del porto"[57] mentre si continuava a cercare una ruota da macina per il mulino.

Attraverso lo studio del carteggio degli anni 1588–89, si evidenzia il ruolo assunto dagli ingegneri militari urbinati in perlustrazione a Livorno e in definitiva si ridimensiona l'operato del Buontalenti a favore di del Monte, pur condividendo quanto scritto da Amelio Fara (1995), maggiore studioso dell'attività ingegneristica dell'architetto toscano. Fara riconosce che la "cultura urbanistica cui Buontalenti attinge [...] è quella di Francesco Maria I della Rovere e di Antonio da Sangallo il Giovane, che [...] recepisce dalle mediazioni" degli urbinati come "Giovanni Battista Bellucci, Baldassare Lanci [...] Giovanni Camerini" e

---

[55] A Radicofani sarebbero servite nuove casematte a quattro baluardi per un costo di 16.000 ducati, parapetti per 5.000 ducati, e "far la fortezina di petra sopra li due torroni vecchi che prima servirono per forteza che dica il conte Paciotto." ASF, *Mediceo del Principato*, 800, c. 404r. Una lettera di Piero Rossi del 3 maggio 1588 informa che il primo maggio Paciotto fu a Portoferraio e che per la durata di due giorni "ha atteso a discorrere sopra l'accomodare questa fortificazione." Le carte documentano che al Granduca piacquero i disegni di Paciotto: "Si è mostro tutto al Signor Cavalier Paciotto, et ho mandato a scoprir il Cavo la vite et fra dua hore lo manderò con un vassello ben armato" ASF, *Mediceo del Principato*, 798, c. 52r. In concomitanza con la visita del Paciotto a Portoferraio giunse il capitano Ulisse da Volterra, ASF, 798, c. 58r. Piero Rossi richiese al Granduca un lungo elenco di materiali da cantiere: "Corbelli, pale di ferro, acciaio, ferro, tavole d'ogni sorte, travicelli, legnami da ponti, da ripari et di tutte sorti legnami ci è bisogno; delle chiavag.e et de manichi per pale." ASF, *Mediceo del Principato*, 798, c. 175r.

[56] ASF, *Mediceo del Principato*, 805, I, cc. 44r–v.

[57] ASF, *Mediceo del Principato*, 798, c. 549r.

dalle informazioni giunte in Toscana dai progetti di Pesaro, ma anche delle fortezze più lontane di Malta, Ungheria e Polonia. Ora, grazie al ritrovamento di queste missive scritte da Orazio in relazione a Livorno, è stato possibile accertare anche la consulenza di Guidobaldo e il suo contributo alla fortezza livornese. Purtroppo l'assenza di disegni non ci permette di fare dei confronti più precisi e dettagliati tra gli architetti coinvolti nella progettazione. Gli elementi caratterizzanti i progetti urbinati non erano solo rappresentati dalle cittadelle pentagonali, come ad esempio nel caso di Orodea Mare con il lavoro di Simone Genga o di Szatmàr in Ungheria (oggi in territorio rumeno), ma anche dai bastioni pensati su basi geometriche che tenevano conto delle traiettorie dei proietti (che tranne nella parte iniziale non sono rettilinee come stabilito dalle regole di Niccolò Tartaglia; Tartaglia 1546, 22–23) e in ultimo dalla dislocazione della rete viaria della città.

La città ortogonale andava intesa secondo il volere del duca di Urbino e come avvenuto a Valletta, Orodea, Szatmàr, Livorno, Portoferraio e Terra del Sole, come rapidamente attraversabile da un fronte all'altro contrapposto. Per delimitare fortezze e città fortificate il pentagono era la figura geometrica preferita da Francesco Maria, da Pierfrancesco da Viterbo e da Antonio da Sangallo il Giovane[58]

Il perimetro urbano fortificato di Livorno è tracciato secondo linee difensive al massimo di 750 braccia, allineando i cavalieri con le facce dei baluardi vicini. I baluardi si sviluppano maggiormente verso la città lungo la loro linea capitale e le casematte sono ritirate verso l'interno come nelle modifiche attuate da Bartolomeo Campi[59] nella paciottesca cittadella di Anversa.

Il 22 agosto 1589 Guidobaldo era già rientrato a Pesaro dopo aver visitato la fortezza medicea di San Martino (Taddei 1972) a San Piero a Sieve nel Mugello ed aveva, come anticipato, rilevato il territorio comprensivo del monte di Roncaticcio, da dove si sarebbe potuto colpire la fortezza e la campagna circostante. Dal Mugello l'architetto passò nella Romagna toscana, perlustrando la fortezza di Terra del Sole. La fortezza di San Martino era collocata in una zona strategica sull'asse viario trans-appenninico, cerniera tra Granducato e Stato pontificio, non troppo lontano dai castelli-villa di Cafaggiolo e Trebbio. La fortezza, fondata il 30 giugno 1569 su disegno di Baldassarre Lanci, era stata eretta sulla collina che sovrasta l'abitato di San Piero a Sieve nel lato sud della valle a circa ventisei chilometri da Firenze, su un terreno caratterizzato da una consistente massa rocciosa e ricco di acque di infiltrazione. Ai sette bastioni di mattoni venne aggiunto un mastio a pianta pentagonale irregolare; tre dei bastioni erano a tenaglia, secondo le teorie del Sangallo già applicate ad Ancona (Fiore 1986). Nella parte esterna del mastio si trovavano undici cannoniere a due cannoni e una ad un solo canno-

[58] Sull'attività di Antonio da Sangallo il Giovane a Fano si veda (Menchetti 2002-2003).

[59] Per l'opera di Bartolomeo e Scipione Campi si veda (Menchetti 1999 e 2005).

ne. Come scrive la Romby (2007, 27) la vera novità era costituita in particolare dalla porta "a basso," a nord, a un livello inferiore rispetto all'altra "a monte," a sud.

La fortezza di Terra del Sole nella Romagna Toscana venne anch'essa eretta ex novo nel 1564, come quella di San Martino, dopo il viaggio di perlustrazione di Giovanni Camerini e Lorenzo Perini. Negli anni 1570–71 la fortezza venne proseguita da Baldassarre Lanci, in collaborazione con Simone Genga, suo aiutante anche per i cantieri di Radicofani, Grosseto e San Martino. Dopo la morte del Lanci il cantiere passò a Simone Genga che, nel maggio 1572, ne scavava i fossi e ultimava le aggiunte ai baluardi pensate dal Lanci. Nel 1578 dovevano essere ancora terminate parte delle mura e la torre presso la porta del Soccorso, corpo di guardia e deposito di munizioni.

Mentre del Monte rientrava verso il pesarese, una volta portata a termine la propria missione, a Pisa restava Orazio del Monte con l'incarico di provveditore; in quei giorni veniva presentato il modello[60] in legno della fortezza della città, proprio come avevano sottolineato Paciotto e del Monte. Scriveva Montaguto al Granduca: "Non manchai andare a vedere la giunta, che si disegna fare alla fortezza di Pisa et la vidi in un modello in legno."[61]

Per quanto concerneva Livorno invece, il provveditore avrebbe portato un modello al Granduca che questa volta sarebbe stato in scala,[62] a differenza degli incomprensibili disegni citati nelle lettere scritte i mesi precedenti dal provveditore, quando ancora era imminente l'arrivo di Guidobaldo del Monte.

Secondo Montaguto il progetto, nato anche grazie alle osservazioni di del Monte, non sarebbe comunque stato risolutivo, ed egli avrebbe disfatto il bastione di terra riempiendo con quel materiale la fortezza murata: "Io disfarrei il bastione di terra e con quella riempirei la fortezza murata […] mi pare che si sia fatto per modo di dire, niente [nel fortificare solo un lato] et il fortificarla tutta si entra in una spesa grandissima."[63]

Guidobaldo del Monte il 15 luglio 1589 scrisse al Granduca di Toscana rispetto a due disegni di fortezze:

> Mand'a V.A. Ser.ma due dissegni, uno di San Martino, nel quale ho dissegnato il monte di Roncaticcio, di dove si po'batter la terra; l'altro è della Terra del Sole, sopra la quale, credo, che di già haverà inteso dal sig. Donato, e dal Cavalier Martelli, quanto restassero d'accordo, che si dovesse riferire a V.A. si che io non la fastidirò con

[60] ASF, *Mediceo del Principato*, 807, I, cc. 216r–v.
[61] *Ibidem.*
[62] "Sarà con la scala secondo la sua intentione, se non ho fallito a scala, ma quando fusse, con questo ne può far fare con quale scala le piacerà, ASF, *Mediceo del Principato*, 807, I, cc. 216r–v.
[63] ASF, *Mediceo del Principato*, 807, I, cc. 216r–v.

> scriverle a lungo. La supplico però, che mi perdoni s'io non l'avrò servita bene, secondo che io dovevo, et come sarebbe mio desiderio. Con tutto ciò io non potrò ricevere maggior gratia che l'Altezza Vostra si degni di comandarmi, come a Signore Obligatissimo che sarò prontissimo a metter la vita, e quant'ho al mondo in suo servitio e di tutta la casa sua. E li fo'humil riverenza, che Iddio la contenti. Di Pesaro alli 15 di luglio del 1589.[64]

Nonostante restino ancora in ombra diverse vicende connesse con l'attività militare e di ingegneria idraulica, nonché gli eventuali rapporti intercorsi nel 1589 a Pisa tra Guidobaldo del Monte e Galileo Galilei, questa lettera, spedita da Pesaro il 15 luglio del 1589, restituisce all'architetto la paternità dei progetti e dei rilevamenti effettuati per Terra del Sole e per la fortezza medicea di San Martino a San Piero a Sieve nel Mugello, mentre le lettere di Orazio gettano nuova luce sul ruolo del marchese di Mombaroccio per quanto riguarda i cantieri delle fortezze di Pisa e di Livorno.

Sono ancora scarse le notizie su un eventuale incontro toscano tra Galileo e Guidobaldo, in visita alle fortezze del Granducato nel 1589. Quello che è certo è che nel 1588 Galileo ricevette grazie all'intermediazione del cardinale del Monte l'incarico di lettore di matematica a Pisa, dove il figlio di Guidobaldo del Monte aveva già un incarico pubblico. Vi sono inoltre alcune lettere scritte da Galileo nel 1588, l'anno prima che l'urbinate si recasse a Pisa per le fortificazioni, indirizzate a del Monte stesso e a Cristoforo Clavio in cui sottopose alcune parti delle sue ricerche sul centro di gravità dei solidi.[65] Guidobaldo proprio nel 1588 pubblicò il *De aequeponderantibus* di Archimede, considerandolo il testo-base per una trattazione 'scientifica' delle macchine, e di quest'opera manda una copia a Galileo. Due anni più tardi Galileo nei *Theoremata circa centrum gravitatis solidorum* diede una prima esposizione di alcuni casi diversi del centro di gravità. In ultimo si deve sottolineare che Galileo come Guidobaldo si interessò al tema delle fortificazioni scrivendo ben due trattati sull'argomento e uno dei due, in particolare, venne utilizzato per le lezioni che tenne a Padova a giovani esponenti delle famiglie patrizie venete molto interessati a temi tecnici e ai risvolti applicativi delle matematiche.[66]

---

[64] ASF, *Mediceo del Principato*, 807, II, c. 548r.

[65] Cfr. (Galilei 1996, vol. II, 813, n. 1).

[66] Del Monte nel manoscritto denominato *Meditatiunculae Guidi Ubaldi* (Bibliothèque Nationale de France, Parigi, ms. Lat. 10246, 1587–1592) descrive la traiettoria dei proietti mettendola in relazione con la linea descritta da una catenella sospesa tra due punti. Jürgen Renn insieme ad altri studiosi, ha riscontrato una stretta relazione tra le osservazioni di del Monte e la descrizione del secondo metodo menzionato da Galilei nei suoi *Discorsi*. Cfr. (Damerow, Renn, and Rieger 2001; Becchi 2006).

Mentre questo articolo stava per andare in stampa ho individuato una lettera scritta a metà degli anni Settanta del Cinquecento da Girolamo Arduini, architetto di Guidobaldo II della Rovere, in cui si descrive un disegno di del Monte per il completamento delle fortificazioni di Pesaro ed in particolare del fossato nuovo collocato tra la controscarpa e gli spalti che circondano i bastioni. Ipotizzando che si tratti di del Monte, anche in questo caso come per le fortezze toscane sopraccitate il disegno sembra perduto, esiste però una descrizione: "Quando non si possano cavare, o ben poccho, come se sassi vivi, acque, paludi, o che molto vicina alla via al piano della campagna, come è questo nostro luogo del quale hora ci occorre di ragionare, del quale al mio parere doveria essere sì profondo come si ritrova hora il piano del fosso vecchio acciò che l'acqua non habbia scaturendo a causarci male aere, et largo conforme al parere e disegno del signor Guid'Ubaldo et havesse una giunta che in tutto ascendesse all'altezza di dieci in undici piedi."[67]

Riferimenti

Alberti, L. B. (2005). *Descriptio urbis Romae Leonis Baptista Alberti*. Firenze: Olschki.

Bartoli, C. (1565). *L'architettura di Leonbattista Alberti tradotta in lingua fiorentina da Cosimo Bartoli con l'aggiunta de disegni*. Venezia: Francesco Franceschi.

Becchi, A. (2006). Eggs, Turnips and Chains: Rhetoric and Rhetoricians of Architecture. In: *Practice and Science in Early Modern Italian Building: Towards an Epistemic History of Architecture*. Ed. by H. Schlimme. Milano: Electa, 97–112.

Belici [Belluzzi], G. B. (1598). *Nuova inventione di fabricar fortezze*. Venezia: Tomaso Baglioni.

Belluzzi, G. B. (1980). *Il trattato delle fortificazioni di terra: Biblioteca Riccardiana di Firenze, mss. Riccardi, no. 2587*. Firenze: Gonnelli.

Bonamini, D. (1996). Abecedario degli architetti e pittori pesaresi. *Pesaro città e contà* VI. Ed. by G. Patriniani.

Bonardi, C. (2007). Ferrante Vitelli, cavaliere pontificio e "colonnell" dei Savoia nei giorni di Corfù (1576-1578). In: *Gli ingegneri militari attivi nelle terre dei Savoia e nel Piemonte orientale (XVI-XVIII secolo)*. Firenze: Edifir 2007, 65–80.

[67] BOP, ms. 434, c. 15r. Per ulteriori chiarimenti su del Monte a Pesaro si veda (Menchetti 2009; Menchetti and Pelissetti 2012).

Borchi, E. and A. Cantile (2003). Strumenti topografici del XV e XVI secolo. In: *Leonardo genio e cartografo. La rappresentazione del territorio tra scienza e arte*. Firenze: Istituto Geografico Militare.

Borsarelli, C. (1990). La fortezza medicea di Grosseto. In: *Archeologia e storia di un monumento mediceo. Gli scavi nel "cassero" senese della Fortezza di Grosseto*. Ed. by R. Francovich, S. Gelichi. Bari: De Donato, 19–40.

Brancati, A. (2000). Oltre quattro secoli di problemi con l'acqua a Pesaro. In: *L'approvvigionamento idrico a Pesaro dalla sua più antica realizzazione al 2000*. Pesaro: Aspes.

Cassi Ramelli, A. (1964). *Dalle caverne ai rifugi blindati: trenta secoli di architettura militare*. Milano: Nuova Accademia Editoriale.

Commandino, F. (1558). *Federici Commandini urbinatis in Planisphaerium Ptolemaei commentarius*. Venezia: Aldo Manuzio.

Damerow, P., J. Renn, and S. Rieger (2001). Hunting the White Elephant: When and How Did Galileo Discover the Law of Fall? In: *Galileo in Context*. Ed. by J. Renn. Cambridge University Press, 21–149.

Della Rovere, F. M. (1583). *Discorsi militari dell'eccellentissimo sig. Francesco Maria della Rovere duca d'Urbino*. Ferrara: Dominico Mammarelli.

De Nicoló, M. L. (2005). Il porto ideale. Discorsi, opinioni, relazioni "sopra il porto di Pesaro" nell'età di Guidobaldo II della Rovere. In: *Alberto Tenenti. Scritti in memoria*. Napoli: Bibliopolis, 665–684.

Di Teodoro, F. P. (2006). Recensione della "Descriptio Urbis Romae/ Leonis Baptista Alberti". *Albertiana* IX:243–25.

Dubost, J.-F. (1998). Fregoso, Aurelio. In: *Dizionario Biografico degli Italiani*. 50. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana, 384–386.

Eiche, S. (2005). *I Gheribizzi di Muzio Oddi*. Urbino: Accademia Raffaello.

Fara, A. (1995). *Bernardo Buontalenti*. Milano: Electa.

Fiore, F. P. (1986). Episodi salienti e fasi dell'architettura militare di Antonio da Sangallo il Giovane. In: *Antonio da Sangallo il Giovane: la vita e l'opera*. Roma: Centro di Studi per la Storia dell'Architettura, 331–347.

Furlan, F. (2006). In margine all'edizione della "Descriptio" e degli "Ex ludis" ossia osservazioni e note per l'edizione di un testo scientifico e delle sue figure. *Albertiana* IX:171–190.

Galilei, G. (1996). *Opere di Galileo Galilei*. Torino: UTET.

Gamba, E. and V. Montebelli (1988). *Le scienze a Urbino nel tardo Rinascimento*. Urbino: QuattroVenti.

Heikamp, D. (1970). L'antica sistemazione degli strumenti scientifici nelle collezioni fiorentine. *Antichità viva* IX(6):3–25.

Lamberini, D. (2007). *Il Sanmarino: Giovan Battista Belluzzi, architetto militare e trattatista del Cinquecento*. Firenze: Olschki.

Liburdi, E. (1925). *Inventario manoscritti della Biblioteca comunale di Urbania*. Firenze: Olschki.

Lorini, B. (1597). *Delle fortificazioni libri cinque*. Venezia: Gio. Antonio Rampazetto.

Maggi, G. and I. Castriotto (1584). *Della fortificatione delle città*. Venezia: Camillo Borgominiero.

Mamiani, G. (1828). *Elogi storici di Federico Commandino, Guidobaldo del Monte, Giulio Carlo Fagnani*. Pesaro: Tipografia Nobili.

Marconi, P., F. P. Fiore, G. Muratore, and E. Valeriani (1978). *I castelli. Architettura e difesa del territorio tra medioevo e rinascimento*. Novara: Istituto Geografico de Agostini, 318–322.

Martella, L. (2003). I sistemi bastionati: evoluzione e tecnica. In: *Fortezze d'Europa. Forme, professioni e mestieri dell'architettura difensiva in Europa e nel Mediterraneo spagnolo*. Ed. by A. Marino. Roma: Gangemi editore.

Menchetti, F. (1999). L'attività di Bartolomeo Genga architetto militare a Malta. *Pesaro Città e Contà* 3:9–31.

— (2002-2003). Le mura di Fano: da Antonio da Sangallo il Giovane a Giovan Battista Pelori. *Castella Marchiae* 6-7:108–124.

— (2004). L'opera degli ingegneri militari rovereschi all'estero: Malta, Sicilia, Anversa. In: *I della Rovere, Piero della Francesca, Raffaello, Tiziano*. Ed. by P. Dal Poggetto. Milano: Electa.

— (2005). Scipione Campi: l'attività siciliana in alcune lettere dell'Archivo General de Simancas. *Pesaro Città e Contà* 21:21–31.

— (2007). Note sui progetti di Francesco Paciotto per le fortificazioni e i lazzaretti di Ancona. In: *Gli ingegneri militari attivi nelle terre dei Savoia e nel Piemonte orientale (XVI-XVIII secolo)*. Firenze: Edifir 2007, 65–80.

— (2009). Dalle delizie dei Della Rovere agli Orti Giuli di Pesaro. In: *Giardini storici a 25 anni dalle carte di Firenze: esperienze e prospettive*. Ed. by L. S. Pelissetti, L. Scazzosi. Firenze: Olschki, 427–441.

Menchetti, F. and L.S. Pelissetti (2012). Guidobaldo del Monte as Architect and the Construction of Santa Maria degli Angeli in Pesaro. In: *Nuts and Bolts of Construction History. Culture, Technology and Society*. Ed. by R. Carvais, A. Guillerme, V. Nègre, J. Sakarovitch. Vol. 1. Paris: Picard, 621–628.

Monte, Guidobaldo del (1579). *Planisphaeriorum universalium theorica*. Pesaro: Girolamo Concordia.

Navascues Palacios, P. (1996). *Tratados de arquitectura y fortificacion en la antigua Biblioteca del Alcazar*. Segovia: Patronato del Alcazar de Segovia.

Orefice, G. (2005). *"In servizio delle Fortezze:" magistrature e tecnici nella Toscana del Seicento*. Roma: Gangemi, 111–122.

Prinz, W. (1988). Dal modello al dipinto: macchine da guerra di Archimede alla fine del Cinquecento. In: *Architettura militare nell'Europa del XVI secolo. Atti del convegno di studi, Firenze, 25-28 Novembre 1986*. Firenze: Edizioni Periccioli, 1988, 409–416.

Ragni, N. (2001). *Francesco Paciotti, architetto urbinate (1521-1591)*. Urbino: Accademia Raffaello.

Romby, G. C. (2007). *Architetti e ingegneri militari nel Granducato di Toscana. Formazione professionale, carriera*. Firenze: Edifir.

Scolari, M. (2005). *Il disegno obliquo: una storia dell'antiprospettiva*. Venezia: Marsilio.

Sinisgalli, R. (1984). *I sei libri della prospettiva di Guidobaldo dei marchesi Del Monte dal latino tradotti, interpretati e commentati da Rocco Sinisgalli*. Roma: L'Erma di Bretschneider.

Stroffolino, D. (1999). *La città misurata. Tecniche e strumenti di rilevamento nei trattati a stampa del Cinquecento*. Roma: Salerno editrice.

Taddei, D. (1972). *La fortezza di S. Miniato*. Firenze: Libreria Editrice Fiorentina.

Tartaglia, N. (1546). *Quesiti et inventioni diverse*. Repr. in facsimile Brescia: Ateneo di Brescia, 1959. Venezia: Venturino Ruffinelli.

Teti, C. (1569). *Discorsi di fortificationi*. Roma: Giulio Accolto.

Vignola, J. Barozzi da (1583). *Le due regole della prospettiva pratica di M. Iacomo Barozzi da Vignola, con i comentarij del R.P.M. Egnatio Danti dell'ordine de predicatori, matematico dello studio di Bologna*. Roma: Francesco Zannetti.

Volpe, G. (2002). Filippo Terzi architetto delle fabbriche ducali. In: *I della Rovere nell'Italia delle corti*. Ed. by B. Cleri, S. Eiche. Urbino: QuattroVenti, 79–103.

— (2007). *Urbino. I luoghi della scienza*. Urbania: Quaderni del Centro Internazionale di Studi Urbino e la Prospettiva.

IV. Guidobaldo and the Political-Cultural Context

Chapter 14
Court Mathematicians, Rosicrucians, and Engineering Experts: The German Translation of Guidobaldo del Monte's *Mechanicorum liber* by Daniel Mögling (1629)

Marcus Popplow

14.1 Introduction

In 1629, the renowned editor Matthaeus Merian published, in Frankfurt, the "first part" of the *Mechanische Kunst-Kammer* by Daniel Mögling.[1] The title of this book did not refer to a collection of real objects, but to a collection of intellectual gems: Mögling intended to present the best works on mechanics of his time to the German reader. As he explained in the preface, mechanics was a science oriented toward technical practice, and a means of explaining the functioning of all sorts of devices and instruments. According to Mögling, its study could serve to perfect daily technical practice in every art and craft.[2] With such an intention, Guidobaldo del Monte's (*Mechanicorum liber*), first published in Latin in (1577), and in an Italian translation in 1581, obviously represented a text of particular importance for Mögling and played a key role for his (*Mechanische Kunst-Kammer*).

Daniel Mögling was born 1596 in Böblingen, near Stuttgart, into a family of men of letters of various disciplines like philosophy, law, and medicine.[3] In this tradition, Mögling studied medicine at Tübingen and at Altdorf, near Nuremberg. From 1621 to 1635, he served Landgrave Philipp III of Hessen-Butzbach as court physician, astronomer and mathematician. Despite being situated right in the centre of the Holy Roman Empire, the small residential town of Butzbach remained unharmed by the numerous battlefields of the Thirty Years' War. In 1635 Mögling died in the course of a local outbreak of the pest. Like the location of

[1] See (Mögling 1629); digital version Dresden, Sächsische Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek, http://digital.slub-dresden.de/ppn263770931. The book was edited by Merian, and printed by Röteln.

[2] This argument was often raised in the prefaces of contemporary works on machines and mechanics. For such contemporary interpretations of mechanical technology, see (Stöcklein 1969; Popplow 1998; Wolfe 2004).

[3] The most detailed and recent account of Mögling's life is (Neumann 1995).

his activities, also Daniel Mögling himself is not particularly known, especially among historians of science. However, he figures quite prominently in what appears at first sight as a completely different field, namely the beginnings of the Rosicrucian movement, which propagated the unification of different strains of Protestant belief, not least by proposing a culture of advanced learning with a special focus on the study of nature. Mögling supported these ideas by means of anonymously published texts in the years directly after the first major Rosicrucian treatises had been published in 1614, but later saw his own initiatives rather critically. Also in general, the clamour connected to this movement cooled down after 1620, as the outbreak of the Thirty Years' War did not leave much space for intellectually advanced reform movements.

In trying to do justice to both the "scientific" as well as to the "spiritual" aspect of Mögling's activities, the following essay will delineate the historical context of his early seventeenth-century German translation of Guidobaldo del Monte' treatise on mechanics. Special emphasis will be given to three aspects: Firstly, the role of the translation of Guidobaldo's treatise in Daniel Mögling's career. Secondly, the interest in mechanical technology in the above-mentioned circles of Protestant reform in Southern Germany of which Mögling formed part. And, thirdly, the relation of the mechanical theories as outlined in the *Mechanische Kunst-Kammer* to the practice of German engineers of this time.

Taken together, these aspects of the reception of Guidobaldo del Monte in Germany show how mechanical knowledge, in the early seventeenth century, travelled across Europe among densely connected personal networks. The most important institutional context in which mechanical thinking evolved in these times was early modern court culture, and not yet institutions like academies and universities. In this panorama, printed treatises, such as those by Guidobaldo del Monte and Daniel Mögling, only represent the "tip of the iceberg" of exchanges on early modern theories of mechanics.[4] This case study seeks to throw some light on the contexts out of which such formal results of mechanical thinking emerged.

14.2 The Translation of Guidobaldo's Treatise in the Context of Daniel Mögling's Career

For Daniel Mögling, as for many other mathematicians, natural philosophers and engineers, printing offered new possibilities to present oneself in public as an author of learned treatises. Given the intense competition between smaller and larger European courts, the act of publication raised the status of a scholar

[4] See for the development of early modern mechanics in Italy the contributions by J. Renn, W. R. Laird, W. Shea, D. Bertoloni Meli, and M. van Dyck in this volume.

with regard to future patronage as well as to the esteem among one's colleagues. Mögling, officially employed as physician and astronomer-mathematician at the court of the landgrave of Hessen-Butzbach, with a publication like the *Mechanische Kunst-Kammer*, fulfilled the expectations of a learned court very well. However, his work was more than only a superficial attempt to raise his personal prestige. The frontispice, in this regard, is somewhat misleading as it suggests that Mögling's publication was limited to a translation of Guidobaldo's treatise on mechanics alone, as only the latter's name is mentioned on the central panel of the title page (Figure 14.1). Still, in modern research, if it is mentioned at all, Mögling's book is often superficially commented upon as such a translation. Antonio Becchi, however, has recently drawn attention to the fact that Mögling's translation of Guidobaldo's work is followed by a translation of the (Pseudo-)Aristotelian *Mechanical problems*, based on the respective commentary by Bernardino Baldi published in Mainz a few years earlier in 1621.[5]

In addition, Mögling, on nearly forty pages preceding the translation of Guidobaldo del Monte's text, cited and discussed a series of passages from other authors as an introduction to the topic of the simple machines. They are listed here to give a first impression of the breadth of Mögling's reading. Nearly half of this thematic introduction is covered by considerations on the balance taken from Walter Ryff's *Von rechtem verstandt / Wag und gewicht*, which formed part of Ryff's compilation of texts on the relation of mathematics, mechanics, and architecture.[6] In this work from 1547, Ryff (or Rivius, c. 1500–1548), physician in Nuremberg and translator of various technical treatises into German, had provided, among others, passages from Luca Pacioli, Nikolaus of Kues, Niccolò Tartaglia, Oronce Finé, Sebastiano Serlio, and Gemma Frisius, supplemented with what were most probably his own comments (Jachmann 2006, 59–74). With this structure, Ryff's treatise might be perceived as a formal predecessor of Mögling's compilation, published about eighty years later. Next, Mögling briefly explained the notion of *centrum gravitatis*, explicitly referring, besides Guidobaldo's use of the term, to Pappus, Commandinus, and Valerius, and then went on to comment on a passage concerning the simple machines from Cardano's *De subtilitate*. Furthermore, Mögling translated from Latin a brief discussion of Johannes Kepler on different opinions of Cardano and Guidobaldo del Monte on a problem of the disequilibrium of a balance with equal arms. Finally, between Guidobaldo's preface and the beginning of the translation of the *Mechanicorum liber*, Mögling inserted an introduction to Euclid's *Elements*, in so far as he considered them as relevant for understanding Guidobaldo's text. As he explained, Euclid's theorems were

[5] See (Becchi 2004), in particular p. 62.

[6] See (Ryff 1547); digital version Dresden, Sächsische Landesbibliothek—Staats- und Universitätsbibliothek, http://digital.slub-dresden.de/ppn263566811/1.

not easily accessible in German, but were essential in helping artisans to understand the theory of mechanics.

Figure 14.1: Title page of Daniel Mögling's *Mechanische Kunst-Kammer* by Matthaeus Merian (1629). The illustration visualizes theory and practical application of mechanics, the fusion of which Mögling proposed as one of the aims of his publication. With kind permission of the Sächsische Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden.

As one learns from letters written in 1629 and 1630, Mögling had planned to supplement this "first part" of the *Mechanische Kunst-Kammer* with a "second part," presenting comments on the theory and practice of pneumatic devices as treated by Heron of Alexandria, Giambattista Della Porta, and Salomon de Caus. This second part should furthermore have contained original reflections by Mögling himself on those texts already published in the "first part." Together, these two parts would have represented a comprehensive encyclopaedia of contemporary texts on mechanics for German readers (Schickardt 2002, Vol. 1, 494 and 511). However, as far as we know, the second part was never realized so that Mögling's commentary on Guidobaldo's treatise mentioned in his letter has also not come down to us.

Figure 14.2: Butzbach, the small residential town where Mögling served Landgrave Philipp III as court physician. Engraving from *Topographia Hassiae* (1645), edited by the heirs of Matthaeus Merian. The castle's tower to the right was equipped with an observatory.

For a person serving at a rather small court in a tiny German territory, the list of authors cited and translated by Mögling in the *Mechanische Kunst-Kammer* comes somewhat as a surprise. It raises the question of how Mögling assembled such detailed knowledge of contemporary mechanical writings without, as far as we know, having ever travelled outside Southern and Central Germany. At first sight, Butzbach seems to be last place one would expect to find someone engaged in mechanics (Figure 14.2).[7] Landgrave Philipp III (1581–1643) was surely among the most educated princes north of the Alps, and, like several other members of the house of Hassia, was particularly interested in astronomical issues. He had travelled the Low Countries, France, Spain, and Italy and knew not only French, Spanish and Italian, but also Latin, Greek, and Hebrew. He carefully assembled a large library, which toward the end of his life comprised more than 3.000 volumes, many of them in foreign languages, and among them numerous works on astronomical and mathematical matters.[8] The landgrave had even met Galileo Galilei during two trips to Italy in 1602 and 1607. He had acquired several scientific instruments from him and the two later exchanged letters on related topics. The landgrave often invited scholars to Butzbach for exchanges, especially on matters of astronomy. In addition to an observatory constructed on top of a new part of his residence at Butzbach in 1618, in the times of Mögling, the landgrave possessed a gigantic telescope about fifteen meters in length that was erected in his garden by means of a large lifting device, which collapsed spectacularly during the observation of sunspots in 1629 (Rösch 1975).

In seeking further sources of Mögling's knowledge on mechanics in particular, some possibilities might be mentioned here. Concerning the text of Guidobaldo del Monte, in his preface Mögling explained that he had first translated some passages from an incomplete Italian version—obviously the translation by Filippo Pigafetta—before a relative of his in Nuremberg provided him with a complete copy of the Latin text—the *Mechanicorum liber*—which he then used to expand his translation (Mögling 1629, 6). In general, Mögling mentions having already been introduced to topics of mechanics during his time at the *Academia Norica* in Altdorf, where he studied medicine from 1616 to 1619. According to a letter to a friend from 1617, besides his "official" studies, he also pondered perpetual motion machines and alchemistic issues and had, as he mentioned in the preface to the *Mechanische Kunst-Kammer*, at this time already translated the *Pneumatica* by della Porta and Heron's *Spiritali* (Neumann 1995, 99). Most probably, he had also attended lessons by Daniel Schwenter who, in these years, taught arithmetic, geometry, stereotomy, optics, and gnomonics at Altdorf (Mährle 2000). Details of Schwenter's courses are not known, but he later became famous in Germany for his extensive didactic work on the application of mathematics to all branches of daily life. His *Deliciae physico-mathematicae oder mathematische und philosophische Erquickstunden*, jointly published with Georg Philipp Harsdörffer in 1636, also covered issues

[7] See (Wolf 2003). I am grateful to Dieter Wolf for detailed information concerning the landgrave's residence at Butzbach in the times of Mögling.

[8] See (Schmidt 1917). Unfortunately, it was not yet possible for me to analyze the catalogues of the landgrave's library.

of mechanical technology. In another treatise published in 1625 under the pseudonym Valerius Saledinus and devoted to the possibility of mechanical perpetual motion machines, Mögling discussed a number of contemporary authors who had reflected on related problems, among them Gerolamo Cardano, William Gilbert, Buonaiuto Lorini, Simon Stevin, Johannes Faulhaber, Salomon de Caus, Cornelius Drebbel, and Robert Fludd.[9] All of these examples show that throughout his career, Mögling took into account a broad range of European writings on mechanics.

In addition, information on Mögling's acquaintances discloses further connections to mechanics—whether with regard to its theory or to its practice—and doubtlessly gives occasion to discuss related issues. Of particular importance was Mögling's friendship with Johannes Faulhaber (1580–1635), fortification engineer and mathematician from Ulm and author of an impressive series of treatises on mathematics and engineering (Schneider 1993). After his studies at Altdorf, Mögling had often visited Faulhaber's house, which, due to the private lessons Faulhaber gave and due to his large library, constituted an informal centre of mathematical knowledge. Throughout his life, Faulhaber was interested in Cabbalistic speculations, which brought him into several conflicts with the worldly and ecclesiastic powers of his hometown. He tried early on to get into contact with the clandestine Rosicrucian fraternity and was later reproached for having organized meetings with other adherents in his house (Schneider 1993, 13–14, 29–30). In this context, Faulhaber in 1618 also introduced Mögling to Philipp III, landgrave of Hessen-Butzbach, after the landgrave had showed interest in getting to know the author of the Rosicrucian writings Mögling had published anonymously.

Most interestingly, in 1628, one year before the publication of Mögling's *Mechanische Kunst-Kammer*, Faulhaber had published a brief treatise of about thirty pages with a similar title, namely *Geheime Kunstkammer*. This "secret Kunstkammer" listed one hundred technical problems that Faulhaber offered to solve, against payment, to any person visiting his house in Ulm. Some of the problems he would solve using demonstrations of his large collection of scaled-down models.[10] Most of the problems Faulhaber listed were related to fortification and military technology. However, a number of them also concerned different kinds of mills and water-lifting devices. Because it is unlikely that Mögling was not aware of this publication, the title of his own book might perhaps be read as a response to Faulhaber's "secrets," in defiance of which Mögling, in *Kunst-Kammer*, now freely presented his readers with basic knowledge on mechanics.

[9] See (Saledinus 1625). For the identification of one of Mögling's pseudonyms, see (Neumann 1995, 94–95, note 8).

[10] See (Faulhaber 1628; Schneider 1993, 34–35).

Mögling was also acquainted with the astronomer Johannes Kepler (1571–1630), who was experienced with mechanical contrivances as well. This was particularly the case for what concerned representations of celestial motions on a reduced scale, but also, for example, in connection with the idea of realizing a gear pump equipped with rotating parts only. For a long time, Kepler pursued this project with the intention to finally employ his invention to drain mines (Prager 1973). For years, Mögling also exchanged letters with the astronomer, professor of Asian languages, and inventor of an advanced calculating machine, Wilhelm Schickardt (1592–1635), in Tübingen. Mögling furthermore probably knew Wilhelm Schickardt's uncle Heinrich Schickhardt (1558–1634), who for more than thirty years served the dukes of Württemberg as engineer and architect.

These examples make clear that Mögling moved in circles of persons who, as many others in these times, escape any attempt at clear-cut modern definitions like "scientists" or "technicians." Instead, the individuals dealt with here might best be perceived as an interdisciplinary network interested in technical issues they tackled with quite different traditions of knowledge. In any case, it can easily be imagined that Kepler's studies of gear pumps, Wilhelm Schickardt's successful construction of a calculating machine, Heinrich Schickhardt's knowledge of constructing mills and water-lifting devices, and the engineering experience of Faulhaber, reinforced Mögling's interest in any sort of theoretical approach toward machine technology and mechanics, which led to his translation of Guidobaldo's treatise.

14.3 Technological Innovation and Proponents of Protestant Reform

The second aspect to be discussed in this context is the relation between technological innovation and Protestant reform projects, in particular, the Rosicrucian movement in early seventeenth-century Southern Germany (Yates 1972; 1987; Kühlmann 1996). The Rosicrucians were conceived of as a secret fraternity that disclosed their existence by means of anonymous publications inviting interested persons to contact them. Due to the purely literary character of the fraternity, this turned out to be impossible. Until about 1630, public discussion of the Rosicrucians and their ideas and activities was manifested in roughly 600 printed publications. It had been set forth by three anonymously published treatises between 1614 and 1616. The treatise outlined a movement built around an imaginary character, Christian Rosencreutz, who allegedly had founded a secret society that followed a spiritual path in imitation of Christ. The ideas connected to this fraternity entailed a revitalization of Protestant reform projects, which, a hundred years after Martin Luther, were seen as having come to a standstill. Today, it is clear that the author of at least one of these early treatises was Johann Valentin Andreae

(1586–1654), a Lutheran pastor from Herrenberg near Stuttgart (Montgomery 1973; Dülmen 1978). Obviously, Andreae had not foreseen the effects his anonymously published writings would provoke until the series of public statements in favor of or against the Rosicrucians came to a standstill during the Thirty Years' War around 1630. In addition to the theological and political fusion of different strains of Protestant belief, Rosicrucian texts in particular proposed ways to achieve forms of advanced knowledge by means of connecting theology and science. This was done in part by uniting the republic of letters—which had been fragmented by countless quarrels—to strive for a higher goal, in part by criticizing the established authorities of learned knowledge, and especially by investigating nature as God's creation using human intelligence.

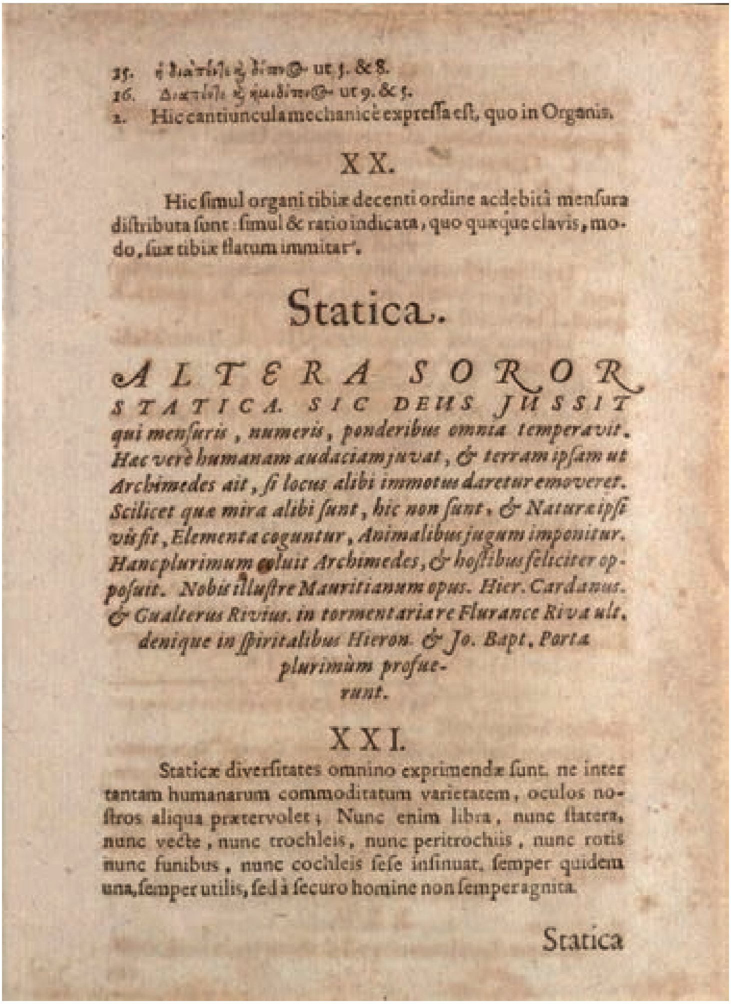
Daniel Mögling, in 1617 and 1618, and thus some ten years before the publication of the *Mechanische Kunst-Kammer*, had himself anonymously published treatises in which he defended Rosicrucian ideas. Like Rosicrucian writing in general, Mögling's texts did not mention topics of mechanics, but rather dealt with alchemy and magic, which in this context should not be understood as being opposed to "rational" technology, but rather as a different field of inquiry for advanced knowledge. Regardless of the prominence of alchemy in the symbolism of Rosicrucian writing, it is important for the issues dealt with here that several persons connected in one way or another to that movement, especially those already acquainted with Daniel Mögling, showed great interest in practical engineering tasks.

For example, in another famous work by Johann Valentin Andreae, his utopian *Christianopolis* (1618), interest in mechanical technology is clearly visible. In a similar direction as indicated in *La città del sole* (1602/1611) by Tommaso Campanella (1568–1639), to which Andreae directly referred, the betterment of society through the study of nature was of particular importance for Andreae's text. Technology in the sense of mills, metallurgical workshops, and advanced hydraulic networks is explicitly mentioned as playing a crucial role for the functioning of Christianopolis (Andreae 1999, 164–169, 274–275). Some passages in Andreae's autobiographic writings explain the attention he paid to such issues. He reported having developed, already in his youth, great interest in architecture and mechanical technology, and having found great joy in assembling scaled-down machines. The art of building, he stated, seemed to him to be "ultimate human happiness." Andreae had been informally instructed in these subjects by Johann Kretzmaier, one of Württemberg's most able carpenters when it came to building machines. Kretzmaier had often worked with the better-known Heinrich , who praised his remarkable ingenuity (Dülmen 1978, 29). As a person broadly interested in all sorts of learned knowledge, the "technical" activities of Andreae's youth later seem to have turned into interest in theoretical mechanics. A telling outcome of this is Andreae's treatise *Collectaneorum Mathematicorum Decades XI* (1614). In the previous year, Andreae had assembled a circle of interested persons to study writings on theoretical issues of architecture and mechanical technology. The published outcome of this was an assembly of corresponding problems. These are formulated only in a very general manner and cover about sixty pages of Latin text, supplemented by about one hundred illustrations, often copied from the original works (Figures 14.3 and 14.4).

The aim of this introductory piece was to stimulate the application of mathematical and mechanical knowledge in technical practice.[11] Without going into detail here, a brief overview shows Andreae's group having discussed the writings of Heron of Alexandria, Ryff, Cardano, Serlio, della Porta, Specklin, Stevin, and others. In this context, Andreae's knowledge of Italian literature might be traced back to a trip over Venice to Rome in 1612. What is more, one of the persons of the circle, Christoph Besold (1577–1638), was famous for his rich personal library comprising works from all disciplines in various European languages.

It is not clear if Mögling, who was distantly related to Andreae, already belonged to this group, as his name does not appear on a list of the participants written down by Andreae in one of the extant copies of this book (Gilly 1995, 53). However, his participation cannot be ruled out as he was studying in Tübingen at that time (Neumann 1995, 99–100). In any case, Mögling later cited Andreae's publication in his treatise, mentioned above, on perpetual motion machines. The publication of Mögling's *Mechanischer Kunst-Kammer* might in any case be interpreted as a refined sequel to the approach taken by Andreae's *Collectaneorum mathematicorum* fifteen years earlier. Instead of brief summaries of certain problems, Mögling now provided translations of complete treatises with extensive introductions and—at least as intended for the "second part"—commentaries. Instead of a small and cheap octavo, illustrated by means of simple copies from the original sources, Mögling now opted for a large folio publication. Not only the frontispice of the *Mechanische Kunst-Kammer*, but also 42 tables visualizing the problems treated in Guidobaldo's and Pseudo-Aristotle's texts had been carefully composed by the famous editor and engraver Matthaeus Merian (1593–1650) for that occasion (Figure 14.5).

[11] See (Andreae 1614); digital version: Wolfenbüttel, Herzog-August-Bibliothek, http://diglib.hab.de/drucke/28-4-geom/start.htm.



15. ἡ διὰ πέντε καὶ δίτονος ut 5. & 8.
16. Διὰ πέντε καὶ ἡμιδίτονος ut 9. & 5.
1. Hic cantiuncula mechanicè expressa est, quo in Organis.

XX.

Hic simul organi tibiæ decenti ordine adhibitâ mensura distributa sunt: simul & ratio indicata, quo quæque clavis, modo, suæ tibiæ flatum immitat.

Statica.

ALTERA SOROR STATICA. SIC DEUS JUSSIT qui mensuris, numeris, ponderibus omnia temperavit. Hac verè humanam audaciam juvat, & terram ipsam ut Archimedes ait, si locus alibi immotus daretur emoveret. Scilicet quæ mira alibi sunt, hic non sunt, & Naturæ ipsi vis fit, Elementa coguntur, Animalibus jugum imponitur. Hanc plurimum coluit Archimedes, & hostibus feliciter opposuit. Nobis illustre Mauritianum opus. Hier. Cardanus. & Gualterus Rivius. in tormentaria re Flurance Riva ult. denique in spiritalibus Hieron. & Jo. Bapt. Porta plurimùm profuerunt.

XXI.

Staticæ diversitates omnino exprimendæ sunt, ne inter tantam humanarum commoditatum varietatem, oculos nostros aliqua prætervolet; Nunc enim libra, nunc statera, nunc vecte, nunc trochleis, nunc peritrochiis, nunc rotis nunc funibus, nunc cochleis sese insinuat, semper quidem una, semper utilis, sed à securo homine non semper agnita.

Statica

Figure 14.3: Introduction to the topic of statics in Johann Valentin Andreae's *Collectaneorum mathematicorum* (1614) with references to the works of Archimedes, Gerolamo Cardano, Walther Ryff (Rivius), Heron of Alexandria, and Giambattista della Porta. With kind permission of the Herzog-August-Bibliothek Wolfenbüttel.

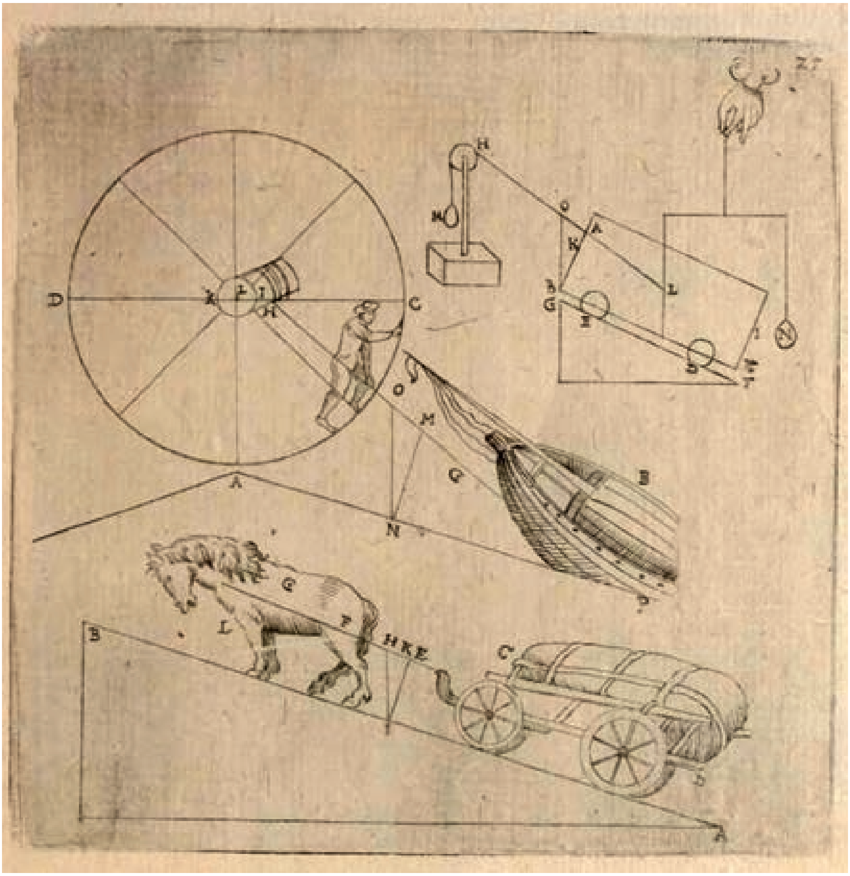


Figure 14.4: Copies of illustrations from Simon Stevin's *De Weeghdaet* (1586) in Andreae's *Collectaneorum mathematicorum* (1614). With kind permission of the Herzog-August-Bibliothek Wolfenbüttel.

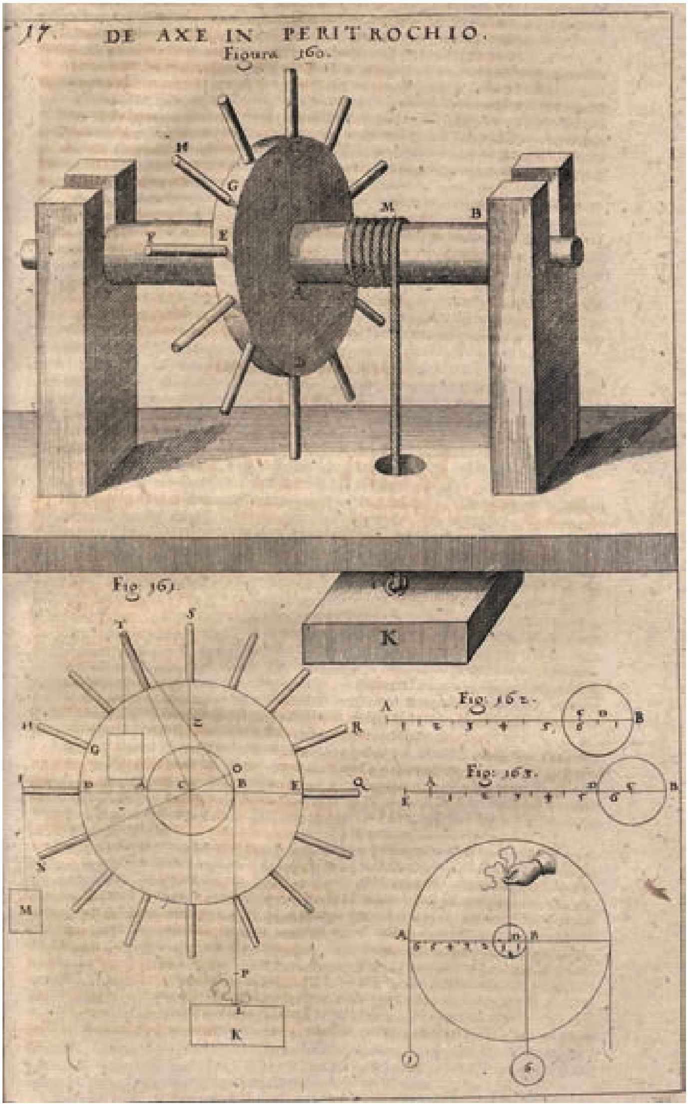


Figure 14.5: One of the tables illustrating Mögling's translation of the *Mechanicorum liber*, reworked by Matthaeus Merian (*Mechanische Kunstkammer*, 1629). With kind permission of the Sächsische Landesbibliothek—Staats- und Universitätsbibliothek Dresden.

Merian himself might be perceived as another interesting link between the "technological" and "spiritual" activities of Mögling. In the early years of his career from 1616 to 1620, Merian had worked in the workshop of Johann Theodor De Bry at Oppenheim, then part of the Palatinate, and later at Frankfurt. The publishing activities of de Bry and the artwork by Merian, who later ran his own workshop, were closely related to a reform-oriented Protestant network which, in the years between 1613 and 1620, was centered in Heidelberg as the capital of the Palatinate. This network had been formed in the context of the marriage of Friedrich V, Prince Elector of the Palatinate, and Elisabeth Stuart, granddaughter of Mary Stuart, in London in 1613. Their marriage had promoted hopes for a strong alliance of Protestant territories against the Habsburg-dominated Catholic territories (Rüde 2007). For a few years, until Friedrich V was defeated near Prague after accepting the Bohemian crown in 1619, printers in Oppenheim and Frankfurt stimulated cultural exchanges between London and Heidelberg in particular, but also with other Protestant territories, not least with regard to issues of Rosicrucian thought, alchemy and technology. Hassia, adjacent to the Palatinate, itself governed by Princes highly interested in astronomy and mathematics, also formed part of this context. Matthaeus Merian, in this setting, among many other works illustrated treatises on alchemy like Michael Maier's (1568–1622) *Atalanta fugiens* (1617), Robert Fludd's (1574–1637) extensive encyclopedia *Utriusque cosmi historia* (1617–1621), and, not least, one of Daniel Mögling's Rosicrucian writings, *Cimelia rhodostaurotica*, with what are still today considered the most refined illustrations of Rosicrucian thought (Figure 14.6 and 14.7). Technological issues were not alien to Merian who in 1617–18 had designed the frontispice of the *Theatre of Machines* by Jacopo Strada. Thus, Merian's activities again, even if indirectly, represent the coexistence of interest in alchemy and technology in one and the same personal network between 1613 and 1620.[12] Mögling's translation of Guidobaldo's treatise on mechanics, even if published years after the defeat of Frederick V, might thus also be perceived as a late outcome of the activities of these networks.

[12] See (Wüthrich 2007). For the frontispice of Mögling's book, see pp. 317–318; for Strada, see pp. 318–320; for illustrations of esoteric writings, see pp. 84–100. See also (Yates 1972, 70–90).

Figure 14.6: Engraving by Matthaeus Merian representing the Rosicrucian fraternity in Theophilus Schweighart's—that is, Daniel Mögling—*Speculum sophicum rhodo-stauroticum universale* (1618).

Figure 14.7: Engraving by Matthaeus Merian illustrating pansophic ideas of a study of nature as a way to obtain higher knowledge in Theophilus Schweighart's—that is, Daniel Mögling's—*Speculum sophicum rhodo-stauroticum universale* (1618).

In a highly debated, but still very valuable and stimulating study, Frances A. Yates, nearly forty years ago discussed possible connections between the Rosicrucian movement and cultural life at Heidelberg Castle during the short reign of Friedrich V. She especially interpreted the design of the new castle gardens by Salomon de Caus (*Hortus palatinus*) with their grottoes and automata as a symbolic representation of Rosicrucian thought.[13] In the preceding passages, it has proven more rewarding not to investigate interest in mechanical technology in Protestant territories in these years as *expressions* of Rosicrucian thought, but rather with regard to the "virtual" character of the Rosicrucian movement, to consider the *coextension* of these two strains of reform-oriented thought in one and the same network of people. Mögling, since the early 1620s, had already detached himself from Rosicrucian thought. This does not appear to have been alien to his interest in mechanics. On the contrary, one is confronted with motivations that intensified themselves reciprocally. Technology—even if not yet defined as such—in the networks sketched above was raised repeatedly as an important topic. And for members of the Republic of Letters—to which most of the characters named above belonged—advances in the theory of mechanics seem to have represented the most promising way toward technical innovation.

Mögling, however, in his treatise on perpetual motion machines of 1625, had been astonishingly sceptical about the connection between technological improvement and the common weal. In a quite unusual way for authors of contemporary technical treatises, Mögling underlined that he did not want to see his perpetual motion project, like other proponents, applied to devices like self-moving mechanical ploughs. He expressed the concern that peasants would become completely useless if all ploughing were done automatically. Instead, he wanted to reserve his perpetual motion machine for noble aims such as driving a perpetual clockwork (Saledinus 1625, 52–53).

To conclude this second aspect, one might argue that from a sociological point of view, the learned circles to which Mögling pertained were not very different from those formed by experts in various disciplines at Italian courts, such as astronomy, mechanics, or engineering. But the context of early seventeenth century Protestant reform roughly outlined above, which entailed the perfection of technology as one element, obviously differed markedly from the situation in Italy. In Italy, considerations on mechanics—in the sense of refined reflections on the simple machines in the ancient and medieval tradition—emerged as an integral part of the new figure of the cultivated and learned engineer in the fifteenth and sixteenth century; they were famous and in demand at all the major Italian courts, independently of any specific religious context. In the German regions in

[13] See (Yates 1972). For a more sceptical interpretation concerning symbolic links between the design of the Hortus Palatinus and Rosicrucian thought see (Morgan 2007).

the times of Mögling, on the contrary, investigations in the science of mechanics seem to have been taken up with special zeal within movements of Protestant reform who were interested, in a somewhat abstract manner, in the perfection of artisanal practice. In the third and last part of this essay, it will be argued that these attempts might indeed be considered a new development, because mechanical theory in the German territories at that time did not yet play an important role among engineering experts.

14.4 Mechanical Theory and Contemporary Engineering Practice

The relation between the theory of mechanics on the one hand, and early modern technical and engineering practice on the other has been discussed extensively in modern research. One of the results of this debate is that modern dichotomies of "scientists" on the one hand, and "practicioners" or "engineers" on the other, do not adequately reflect the historical situation.[14] It has already been mentioned, for example, that the "scientists" among Daniel Mögling's acquaintances often also dealt with mechanical contrivances. Guidobaldo del Monte, as Enrico Gamba and Vico Montebelli have shown, also took great care to prove theorems of his *Mechanicorum liber* by means of refined brass models of the simple machines (Gamba and Montebelli 1988, 85–86). Johannes Kepler, in the course of his work on gear pumps, at one point asked an artisan to construct a copper model of his design.[15] Finally, also Daniel Mögling was experienced in the construction of hydraulic clocks, mathematical and astronomical instruments and, for several years, as mentioned above, had studied the possibility of realizing a perpetual motion machine with the help of magnets. In a letter to Wilhelm Schickardt in 1627, he stated that his "iron machine with lead balls and lever" was so advanced that he needed only a further step as small as "half the diameter of a straw" to achieve his aim (Schickardt 2002, Vol. 1, 285). In other letters to Schickardt, Mögling also reflected intensively on technical devices, especially on one devoted to a discussion of Heronian automata (Schickardt 2002, Vol. 1, 511–514). Thus, one is repeatedly confronted with "scientists" who dealt intensively with "real" mechanisms.

Although it has a rather anecdotal character, one tiny detail reported in another letter Mögling sent to Schickardt on 16 January 1630, shows in a nutshell the interaction of learned knowledge, theoretical speculation, playful ex-

[14] See, for example, (Popplow and Renn 2002).

[15] See (Prager 1973). For the employment of scaled-down models in early modern engineering in general, see M. Popplow: Presenting and Experimenting. Renaissance engineers' employment of models of machines, in *Les machines à la Renaissance*, edited by Pascal Brioist, Luisa Dolza, and Hélène Vérin (in press).

perimentation, and knowledge exchange that testifies to the various knowledge cultures of such early modern "scientists." Schickardt, in a previous letter, had asked Mögling for his opinion on the principle of smoke-jacks mentioned by Cardano. Even if such devices were also described by numerous other engineers from Leonardo da Vinci to Vittorio Zonca and were effectively realized in these times, Mögling did not seem to notice. He remarked that such a device, in any case, would require a considerable amount of smoke to be set in motion. However, in the mixture of German and Latin typical for Mögling's writing when he switched from everyday to learned issues and back, he stated: "Doch wer weists [Who knows]. Tentando discimus in mechanicis multa." Seeming to adhere to the principle of tentative trial and error as a way to future innovation, Mögling continued in German to explain a child's toy: First, a paper circle, by folding it as often as possible toward its centre, was turned into a kind of hat in form of a cone. A piece of iron wire connected to a small wooden disc was then put on top of an oven so that the wire stood perpendicularly. The paper hat, put on the end of the wire, suddenly rose and flew around rotating around its axis once the oven had produced enough heat—which was nice to observe, as Mögling commented. After producing a sketch of the device in the margins of the page (Figure 14.8), Mögling finally assembled such a paper hat, enclosed it in the letter to Schickardt, and added a respective note at the end of the passage (Schickardt 2002, Vol. 1, 521).

Whereas "scientists" interacted in many different ways with practical handicraft, treatises on machine technology published in the sixteenth and early seventeenth century increasingly praised the theory of the simple machines as an explanation of contemporary machine technology such as cranes, mills, water-lifting devices, or automata. Around 1600, such references can be found, for example, in the *Theatre of Machines* by Vittorio Zonca published posthumously in 1607. Salomon de Caus, in his machine book from 1615, additionally reflected on the different sources of energy that could be employed to drive machines. However, not much is known about the practical application of such theories. Some authors, for example Giuseppe Ceredi in his treatise on the applications of the Archimedean screw (1567), suggested that in Italy there were frequent attempts to use the theory of the simple machines to evaluate different types of mills or other mechanisms (Zonca 1985; Caus 1615; Ceredi 1567). Such reasoning is also documented in one of Galileo Galilei's letters in which he, during his times at the Florentine court, explained to an engineer why a device the latter had designed, and which contained a pendulum to drive mills or other machines, would not work effectively on a large scale.[16] In the Netherlands, similar considerations

[16] Galileo Galilei, *A proposito di una macchina con gravissimo pendolo adattato ad una leva*, in (Galilei 1968, vol. VIII, 571–581).

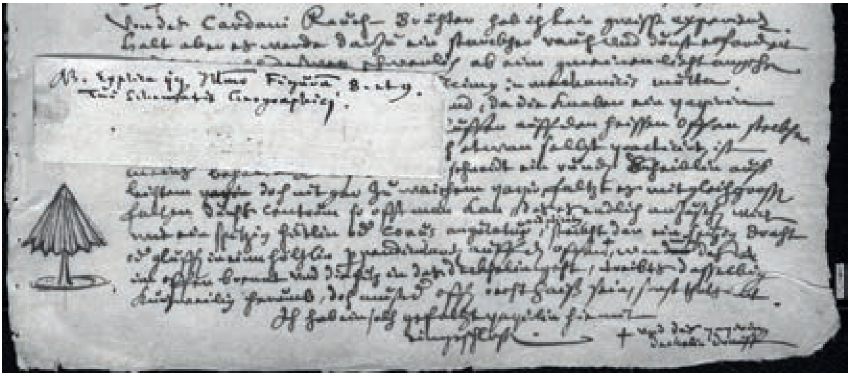


Figure 14.8: Passage in a letter from Daniel Mögling to Wilhelm Schickardt (16 January 1630) devoted to a discussion of the principle of smoke-jacks as described by Cardano. The illustration on the left shows a paper toy to be raised by hot air when set on a stove. The original toy Mögling enclosed in the letter has been lost. With kind permission of the Österreichische Nationalbibliothek, Vienna, Cod. 9737v, fol. 39r.

can be found in the writings of Simon Stevin who calculated the effectiveness of different designs of windmills to drain marshes (Stevin 1966, 311–379). Obviously, Daniel Mögling attempted to foster such a theoretical approach toward contemporary technological practice in the German context as well.

To briefly sketch the relation of such initiatives to the practice of building machines, one might take the activities of Heinrich Schickhardt as an example. In his function as engineer and architect (*Landesbaumeister*) for the Dukes of Württemberg, Schickhardt kept in his home numerous drawings and documents pertaining to the building projects he had supervised during his long career (Popplow 2004).[17] As already explained, he was situated close to the circle of Protestant reform to which Daniel Mögling also pertained. Schickhardt came from the same town—Herrenberg—as Johann Valentin Andreae to whom he was even related, and was also the uncle of Wilhelm Schickardt. One might get the impression that Schickhardt spent most of his life turning ideas of "technological" reform proposed by authors such as Johann Valentin Andreae into practice. For decades, he sought to provide Württemberg with the most advanced sorts of mills and water-

[17]For Schickhardt's machine drawings, see also W. Lefèvre, M. Popplow, *Database Machine Drawings*, Berlin, Max Planck Institute for the History of Science, http://dmd.mpiwg-berlin.mpg.de.

lifting devices—may not be the most spectacular designs, but advanced ones that had already proven their feasibility elsewhere. However, considerations on the theory of the simple machines are nowhere to be found in the hundreds of drawings and documents that have come down to us, even if in the list of books of Schickhardt's rich private library one finds a comprehensive collection of contemporary European treatises on architecture and machines. One can thus be quite sure that his projects were realized with the "traditional"—even if very advanced—knowledge of engineers and carpenters of his time.

As far as we know, the conclusions to be drawn from the extensive documentation of Schickhardt's activities might be generalized: In the early seventeenth century, the theory of the simple machines did not play a significant role in the context of engineering projects in the German-speaking territories. Commissioners did not require acquaintance with such theoretical approaches from engineering experts. In Italy, on the contrary, a certain familiarity with theories of mechanics for decades already formed an integral part of the figure of the learned engineer-scientist. The translation of Guidobaldo del Monte's treatise by Daniel Mögling in the above-mentioned context of Protestant reform was thus an attempt to make these issues known to German readers, following and extending earlier sixteenth-century approaches by Ryff, and those of the circle headed by Johann Valentin Andreae fifteen years earlier. However, as engineering experts in the strict sense only formed a smaller part of the circle of persons in which Mögling moved, it seems that his inclination toward mechanical theory first and foremost neither originated in an attempt to raise the social status of the engineer, nor was it related to concrete and pressing engineering problems. Mögling's interest in mechanics, one might conclude, was rather connected to growing expectations from court intellectuals to produce some kind of "useful" knowledge, a move that was intensified, in his case, by connecting hopes for technological innovation to religious and political reform projects. In any case, Daniel Mögling doubtlessly perceived Guidobaldo del Monte's treatise on mechanics as a key text for any attempt to promote mechanical knowledge in Germany.

References

Andreae, I. V. (1614). *Ioannis Valentini Andreæ collectaneorvm mathematicorum decades XI.: Centum & decem tabulis aeneis exhibitæ*. Tübingen: Cellius. URL: http://diglib.hab.de/drucke/28-4-geom/start.htm.

— (1999). *Christianopolis*. Ed. by E. H. Thompson. Dordrecht: Kluwer.

Becchi, A. (2004). *Q. XVI. Leonardo, Galileo e il caso Baldi: Magonza, 26 marzo 1621*. Venezia: Marsilio.

Caus, S. de (1615). *Les raisons des forces mouvantes*. Frankfurt: Jan Norton.

Ceredi, G. (1567). *Tre discorsi sopra il modo d'alzar acque da' luoghi bassi*. Parma: Seth Viotti.

Dülmen, R. van (1978). *Die Utopie einer christlichen Gesellschaft. Johann Valentin Andreae (1586-1654)*. Stuttgart: Frommann-Holzboog.

Faulhaber, J. (1628). *Geheime Kunstkammer: Darinnen hundert allerhand Kriegs Stratagemata, auch andere Unerhörte Sectreta, und Machinae mirabiles zusehen / dergleichen in Europa (respective) wenig zu finden*. Ulm: Jonas Saur.

Galilei, G. (1968). *G. Galilei, Le opere*. Ed. by A. Favaro. Florence: Barbera.

Gamba, E. and V. Montebelli (1988). *Le scienze a Urbino nel tardo Rinascimento*. Urbino: QuattroVenti.

Gilly, C., ed. (1987). *Johann Valentin Andreae 1586-1986. Die Manifeste der Rosenkreuzerbruderschaft*. Amsterdam: Bibliotheca Philosophica Hermetica.

— ed. (1995). *Cimelia Rhodostaurotica. Die Rosenkreuzer im Spiegel der zwischen 1610 und 1660 entstandenen Handschriften und Drucke*. Amsterdam: In de Pelikaan.

Jachmann, J. (2006). *Die Architekturbücher des Walter Hermann Ryff. Vitruvrezeption im Kontext mathematischer Wissenschaften*. Stuttgart: ibidem.

Kühlmann, W. (1996). Sozietät als Tagtraum: Rosenkreuzerbewegung und zweite Reformation. In: *Europäische Sozietätsbewegung und demokratische Tradition. Die europäischen Akademien der Frühen Neuzeit zwischen Frührenaissance und Spätaufklärung*. Ed. by K. Garber, H. Wismann. Tübingen: Niemeyer, 1124–1151.

Mährle, W. (2000). *Academia Norica. Wissenschaft und Bildung an der Nürnberger Hohen Schule in Altdorf (1575-1623)*. Stuttgart: Franz Steiner.

Mögling, D. (1629). *Mechanischer Kunst=Kammer Erster Theil / Von Waag / Hebel / Scheiben / Haspel / Keyl / und Schrauffen: Begreiffend die wahre Fundamenta aller Machination*. Frankfurt am Main: Caspar Röteln. URL: http://digital.slub-dresden.de/ppn263770931.

Monte, Guidobaldo del (1577). *Mechanicorum liber*. Pesaro: Hieronymum Concordiam.

Montgomery, J. W. (1973). *Cross and Crucible. Johann Valentin Andreae (1586-1654), Phoenix of the Theologians*. Den Haag: Nijhoff.

Morgan, L. (2007). *Nature as Model: Salomon de Caus and Early Seventeenth-Century Landscape Design*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.

Neumann, U. (1995). Olim, da die Rosen Creutzerey noch florirt, Theophilus Schweighart genant: Wilhelm Schickhards Freund und Briefpartner Daniel Mögling (1596-1635). In: *Zum 400. Geburtstag von Wilhelm Schickardt*. Ed. by F. Seck. Stuttgart: Thorbecke, 93–115.

Popplow, M. (1998). *Neu, nützlich und erfindungsreich: Die Idealisierung von Technik in der Frühen Neuzeit*. Münster: Waxmann.

— (2004). Why Draw Pictures of Machines? The Social Contexts of Early Modern Machine Drawings. In: *Picturing machines 1400-1700*. Ed. by W. Lefèvre. Cambridge: MIT Press, 17–48.

Popplow, M. and J. Renn (2002). Ingegneria e Macchine. In: *Storia della scienza. L'età della Rivoluzione Scientifica*. Ed. by D. Garber. V. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana, 258–274.

Prager, F. D. (1973). Kepler als Erfinder. In: *Internationales Kepler-Symposium, Weil der Stadt 1971*. Ed. by F. Krafft, K. Meyer, B. Sticker. Hildesheim: Gerstenberg, 385–408.

Rösch, S. (1975). Landgraf Philipp III. von Hessen-Butzbach und Johannes Kepler. *Wetterauer Geschichtsblätter* 24:99–108.

Rüde, M. (2007). *England und die Kurpfalz im werdenden Mächteeuropa (1608-1632). Konfession, Dynastie und kulturelle Ausdrucksformen*. Stuttgart: Kohlhammer.

Ryff, W. H. (1547). *Der furnembsten / notwendigsten / der gantzen Architectur angehörigen mathematischen und mechanischen Künst / eygentlicher Bericht*. Nürnberg: Johann Petreius. URL: http://digital.slub-dresden.de/ppn263566811/1.

Saledinus, V. (1625). *Valerii Saledini Doctoris Medici et Philosophi, Germani, perpetuum mobile, Das ist: Immerwehrende Bewegung*. Frankfurt am Main: Lukas Jennis.

Schickardt, W. (2002). *Briefwechsel*. Ed. by F. Seck. I, 1616-1632; II, 1633-1635. Stuttgart-Bad Cannstatt: Frommann-Holzboog.

Schmidt, A. (1917). Die Bibliothek des Landgrafen Philipp von Butzbach. *Quartalsblätter des Historischen Vereins für das Großherzogtum Hessen* 6:175–191.

Schneider, I. (1993). *Johannes Faulhaber (1580-1635): Rechenmeister in einer Welt des Umbruchs*. Basel: Birkhäuser.

Stevin, S. (1966). Van de Molens. In: *The Principal Works of Simon Stevin*. Ed. by R. J. Forbes. V: Engineering, Music, Civic Life. Amsterdam: N. V. Swets & Zeitlinger, 1–412.

Stöcklein, A. (1969). *Leitbilder der Technik*. Munich: Moos.

Wolf, D. (2003). Butzbach. Eine kleine fürstliche Residenz im Dreißigjährigen Krieg. In: *Valentin Wagner (um 1610-1655). Ein Zeichner im Dreißigjährigen Krieg*. Ed. by H. Th. Gräf and H. Meise. Neustadt an der Aisch: Verlagsdruckerei Schmidt, 61–69.

Wolfe, J. (2004). *Humanism, Machinery, and Renaissance Literature*. Cambridge: Cambridge University Press.

Wüthrich, L. H. (2007). *Matthaeus Merian d. Ä.: Eine Biographie*. Hamburg: Hoffmann & Campe.
Yates, F. (1972). *The Rosicrucian Enlightenment*. London: Routledge & Kegan Paul.
Zonca, V. (1985). *Novo Teatro di Machine et Edificii 1607*. Ed. by C. Poni. Milan: Il Polifilo.

Chapter 15
Guidobaldo del Monte e i nuovi corpi celesti
Alessandro Giostra

Qui cum audissent regem, abierunt, et ecce stella,
quam viderant in oriente, antecedebat eos,
usque dum veniens staret supra, ubi erat Puer (Mt, 2,9)

In questo lavoro intendo evidenziare un aspetto peculiare dell'attività di ricerca di Guidobaldo del Monte, cioè l'attenzione che ha rivolto alla natura dei nuovi corpi celesti. La comparsa della Supernova di Keplero nell'ottobre 1604 è stata oggetto di un'intensa discussione all'interno della comunità degli scienziati. La sua presenza metteva in crisi l'impianto della cosmologia aristotelica; veniva a cadere, in particolare, il principio dell'incorruttibilità dei cieli, uno dei concetti cardine della scienza tradizionale. Il dibattito riguardante questo evento, inoltre, confermava il ruolo crescente assunto dalle osservazioni e dal calcolo matematico per l'interpretazione dei fenomeni naturali. Erano le rilevazioni strumentali e i conseguenti dati quantitativi, infatti, che indicavano la presenza della nuova stella molto al di sopra della zona elementare. Tra le testimonianze a disposizione, concernenti la comparsa del nuovo corpo celeste, vi è il carteggio di del Monte con l'allievo ed amico Pier Matteo Giordani (1556–1636), contenente elementi molto rilevanti dal punto di vista storico e che ho già trattato in altra sede (Giostra 2003). È bene ricordare che la comparsa della nuova stella è stato il motivo di uno degli ultimi contatti tra del Monte e Galileo Galilei. Quest'ultimo, in data 2 febbraio 1606, aveva inviato a del Monte, come ringraziamento per i favori concessi, un lavoro che aveva genericamente intitolato *Considerazione Astronomica*, incentrato proprio sulla stella di Keplero. Secondo lo storico Stillman Drake (1910–1993), Galilei avrebbe successivamente rielaborato questo scritto e lo avrebbe pubblicato, usando lo pseudonimo di Alimberto Mauri (Mauri 1606) in risposta ad un'opera del suo oppositore Ludovico delle Colombe (1565–1615ca).[1]

[1] Cfr. (Delle Colombe 1606).

La lettera con la quale Galilei aveva inviato un primo abbozzo di quel lavoro a del Monte, dunque, viene considerata da Drake come una prova della paternità galileiana di quell'opera.[2]

Per quanto riguarda le informazioni sulla vita di Pier Matteo Giordani, è noto come il suo studio fosse rivolto alle stesse tematiche investigate dal suo maestro e corrispondente. Si evince, soprattutto dal suo carteggio, come abbia seguito attivamente gli sviluppi della scienza del suo tempo e come abbia approfondito i contenuti dei lavori dello stesso del Monte.[3] Tra i documenti a disposizione, relativi a questo personaggio, spicca una lettera del 2 settembre 1622 inviatagli dallo scienziato urbinate Muzio Oddi (1569–1639), nella quale veniva attribuita a del Monte la realizzazione del compasso polimetro, un merito del quale Galilei si sarebbe successivamente appropriato (Galilei 1968, vol. XIV, 97).

Sempre al 1604 risale un manoscritto di del Monte, conservato presso la Biblioteca Apostolica Vaticana,[4] nel quale il marchese ha espresso la propria interpretazione riguardante la "Stella" di Betlemme, basandosi sul racconto evangelico e sul pensiero dei Padri della Chiesa.

Nella prima parte di questo lavoro ho illustrato i concetti principali dello scambio epistolare tra del Monte e Giordani; nella seconda parte, ho spiegato i contenuti del manoscritto in questione. Nelle conclusioni, infine, ho individuato una visione di base, comune a questi documenti, e riconducibile all'adesione di Guidobaldo al modello cosmologico di origine aristotelica.

15.1 Il carteggio con Pier Matteo Giordani

La corrispondenza tra del Monte e il Giordani riguardante la nuova stella è contenuta nel fascicolo XVI del ms. 426 della Biblioteca Oliveriana di Pesaro, insieme ad altri documenti del carteggio di Guidobaldo, ed è stata edita da Gino Arrighi (Arrighi 1965). Tale scambio epistolare, svoltosi tra il 23 novembre 1604 ed il 21 gennaio 1605, si inserisce a pieno titolo tra le testimonianze più significative concernenti il dibattito astronomico incentrato sul nuovo corpo celeste.

Particolare importanza riveste l'affermazione posta da del Monte all'inizio della prima di queste missive: "Questa stella o cometa darà da dire assai" (Arrighi 1965, 195). Egli si rendeva conto di come tale discussione implicasse i fondamenti principali della scienza del cielo e, pertanto, avrebbe diviso la comunità degli

[2] "La prego di farmi honore di accettare questo mio libro della *Considerazione Astronomica* il quale com molto affetto le mando" (Galilei 1968, vol. XX, 598). In merito alle vicende relative alle *Considerazioni* di Alimberto Mauri rimando ai lavori di Stillman Drake (Drake 1976, 55-130 e 1988, 177–184).

[3] Per maggiori dettagli sulla figura di Pier Matteo Giordani (Gamba and Montebelli 1988).

[4] *De Stella Magorum*, Biblioteca Apostolica Vaticana, cod. Urb. lat. 1743, cc. 65r–69r.

astronomi. Guidobaldo, in ogni caso, aderiva alla seconda possibilità: "Prima voglio ringratiar V.S. delle belle cose, che mi ha mandato sopra questa cometa la qual' ogn'un grida stella."[5] Pur riconoscendo che i risultati matematici, in particolare quelli inerenti all'invariabilità della parallasse, collocavano questo corpo celeste "infra le fiamme ardenti,"[6] del Monte confidava nell'impostazione generale di origine aristotelica. Egli preferiva, pertanto, aderire all'ipotesi che si trattasse di una cometa che la cosmologia aristotelica aveva definito come un fenomeno sublunare:[7]

> Io poi credo, che per apparer questa cometa a tutti in un luogo che così non ha la diversità dell'aspetto, e non avendo moto particolare, credo dico, che questa sia la maggior ragione, che habbino questi Astrologi, a fargli credere, che questa sia stella et veramente è un gran ragione, ma sebene io non la so solvere tutta via non m'acquieto, et credo, che ella sia cometa (Arrighi 1965, 195).

In questo modo del Monte confermava l'impostazione generale aristotelica, secondo la quale la matematica rappresentava una forma di sapere perfetto ma il cui ruolo era confinato nell'ambito descrittivo; le figure geometriche, nell'accezione aristotelica, derivavano per astrazione dall'osservazione degli oggetti naturali. Alla base di questa filosofia naturale vi era il principio di una finalità interna ai corpi in grado di determinarne il comportamento fisico; non era possibile, pertanto, utilizzare il calcolo matematico per stabilire conclusioni intorno alla "Physis" o cambiarne quelle caratteristiche da sempre ritenute esatte.[8] Tra quei pensatori che affermavano l'estraneità del calcolo matematico, se riferito a questioni di filosofia naturale, si ricorda il filosofo padovano Cesare Cremonini (1550–1631):

[5] Cfr. (Arrighi 1965, 195). La possibilità che il nuovo corpo celeste potesse essere una cometa venne esclusa dalla maggior parte degli astronomi del tempo. Un'eccezione fu quella del vescovo di Teano Giovanni di Guevara (1561–1641), noto per essere stato incaricato di verificare eventuali contenuti eretici ne *Il Saggiatore* di Galilei. Per questa interpretazione del Guevara si rimanda alla sua lettera a Giovanni Antonio Magini del 4 dicembre 1604, cfr. (Favaro 1886, 287–289).

[6] Sono le parole con le quali Ilario Altobelli afferma, in una lettera a Galilei, la presenza di questo nuovo corpo celeste tra le altre stelle fisse, cfr. (Galilei 1968, vol. X, 118). Al momento della comparsa della nuova stella la comunità degli astronomi era avviata verso un'impostazione che poggiava solidamente sulla fiducia nel calcolo matematico. L'evoluzione degli studi astronomici, segnata dall'opera di Copernico e di Brahe, aveva ormai imboccato questa strada e ciò già risultava essere un'inversione di rotta rispetto alla filosofia di Aristotele. Contrariamente a quanto accaduto per la nuova stella del 1572, per quella del 1604 tutta la comunità degli astronomi aveva riscontrato l'invariabilità della parallasse.

[7] Aristotele, *Meteorologica*, I, 344 a10–345 a10.

[8] In diversi passi dell'opera dello Stagirita è possibile riscontrare questa sua posizione, per esempio in *Physica*, II 193b23–194a12.

> Per quanto riguarda la posizione, la Terra è situata al centro; in quanto al suo movimento, è ferma. A noi è stato sufficiente, per la nostra riflessione filosofica, leggere le affermazioni di Aristotele. Abbiamo saputo di novità celesti di alcuni contemporanei, dalle quali dobbiamo astenerci, poiché fanno parte di un'altra disciplina.[9]

La fiducia nell'osservazione e nel calcolo avrebbe intaccato un fondamento essenziale della cosmologia di Aristotele, cioè l'incorruttibilità dei cieli, collegata al loro moto circolare perfetto, di contro al moto rettilineo che, nell'accezione aristotelica, caratterizzava i fenomeni della zona elementare:

> Et i mathematici si accordaranno presto fra loro a chiamarla stella. Ma non sapranno però rispondere alle ragioni dei filosofi, che'l Cielo sia incorruttibile, et non patischi queste novità (Arrighi 1965, 195).

Per del Monte, dunque, sarebbe stato un errore fermarsi all'evidenza matematica ed accettare che "tutti si riducano a quella sola ragion della parallasse, et del moto" (Arrighi 1965, 196). Da queste lettere si nota come egli ritenesse la soluzione matematica eccessivamente riduzionista per poter stabilire la natura del nuovo fenomeno celeste:

> Questi poi, che vogliono, che ella sia stella, lo dicano per salvar facilmente, et senza difficultà le difficultà, perché è facil cosa a dire, che'l Cielo sia corruttibile, ma che'l sia, questa ripugna a tutta la filosofia et bisognaria trovar altri principij.[10]

L'incertezza di del Monte di fronte ad un evento celeste in grado di mettere in crisi l'impostazione tradizionale può essere rappresentata con le parole del linceo Federico Cesi (1585–1630) che in una lettera all'olandese Jan Van Heeck (1576–1618ca), riferendosi ai sostenitori della cosmologia aristotelica, aveva affermato: "magno pelago obruti videntur."[11] In aggiunta alle ragioni dei matematici, anche l'osservazione empirica rendeva questo fenomeno del tutto simile alle altre stelle, in particolare a causa della sua scintillazione, unanimemente rilevata dagli astronomi del tempo. Del Monte, animato dal desiderio di preservare la cosmologia della tradizione, fa notare come la sua scintillazione fosse del tutto eccezionale, al punto da ritenere che fosse da attribuire più ad un corpo di natura ignea, quindi elementare, piuttosto che ad una vera stella:

---

[9] "Sic de situ, quod in medio; de motu, quod manet terra. Nobis autem sat fuit pro nostra contemplatione sic percurrere Aristotelis dicta. Novimus curiositates astrologicas recentiorum, a quibus tanquam ad aliam scientiam pertinentibus debuimus abstinere," cfr. (Cassirer 1968, I, 455).
[10] *Ivi,* p. 193.
[11] "Sembrano travolti da un mare in tempesta" (Ricci 1988, 117).

> Io vedevo, che ella scintillava tanto forte, che non ho mai veduto stella scintillar tanto, et quasi non in quel modo, che veramente pareva, che fusse fuoco, et non stella (Arrighi 1965, 194).

Anche l'evidenza della scintillazione, dunque, non rappresentava per del Monte un argomento sufficiente per attribuire alla Nova le caratteristiche delle altre stelle fisse[12] e queste ultime parole ribadiscono la necessità di salvaguardare la tradizione. Il marchese di Mombaroccio dichiarava anche l'esigenza di conoscere pareri di altri studiosi che confermassero le sue posizioni:

> Se io potessi haver queste osservationi fatte in diversi luoghi, mi chiarirei, di una opinione, che mi va così per la fantasia, per salvar che ella sia cometa, et non stella, che io non posso acconsentire, che persone dotte alla prima vogliono tener il cielo corruttibile per poter dir che ella sia una stella.[13]

Da questo scambio epistolare emerge anche la difficoltà di osservazione e calcolo del nuovo astro, posto in posizione bassa sull'orizzonte, perciò visibile per poco tempo di sera:

> Io la osservai una sera ma volevo verificare l'osservatione un'altra sera ma sono venuti tanti offuscamenti nell'aria, che non l'ho potuto fare, anzi che sono molte sere che non l'ho più veduta. Che per i monti ancora, com'è passat'un'hora di notte, non si può più vedere (Arrighi 1965, 193).

L'osservazione della nuova stella, per Guidobaldo, era parzialmente impedita dalla presenza del "Monte dei Frati" davanti alla sua residenza di Mombaroccio. Un altro problema era dovuto all'eccessiva vicinanza al Sole che ne aveva impedito l'osservazione per diversi giorni:

> Quando poi si schiarì l'aria, il sole l'haveva giunta, con il splendore, che non si vedeva più. Bisognarà star a vedere se qua verso mezzo Gennaro la si vedesse la mattina […] se però la cometa starà nel medesimo luogo (Arrighi 1965, 194).

[12] Paradossalmente la scintillazione confermava che si trattasse di una stella proprio alla luce della teoria aristotelica. Nel secondo libro del *De Coelo* Aristotele attribuisce la causa del fenomeno alla limitata capacità della vista umana di osservare i corpi celesti più lontani: si tratterebbe, sempre secondo Aristotele, di un effetto ottico che non avviene al momento in cui si osservano i pianeti a motivo della loro minore distanza dalla Terra, cfr., Aristotele, *De Coelo*, II,8,290a, 15–27.

[13] Cfr. (Arrighi 1965, 194). Tra i testi che ho analizzato non ho trovato, tuttavia, altre testimonianze di studiosi che, come del Monte, hanno interpretato l'evidenza della scintillazione come un argomento in favore della natura ignea ed elementare del fenomeno.

Dall'insieme dei testi a disposizione si ricavano le coordinate di questo nuovo corpo celeste che mediamente si collocavano intorno a 17,5° di longitudine e 1,5° di latitudine boreale. L'impossibilità di compiere misurazioni in condizioni ottimali fu lamentata da del Monte in queste lettere. Inizialmente, infatti, aveva comunicato al suo interlocutore le sue rilevazioni, del tutto discordanti da quelle degli altri astronomi per ciò che riguarda il valore della latitudine:

> Io l'osservai alli undici di Novembre passato, et trovai, che ella era in 18½ di Sagittario, et la sua latitudine era gradi 12, et min. 15, ma questo V.S. non ne faccia parte a nissuno, per non haverla io potuto più osservare, per veder se ella apparierà sempre nel medesimo luogo.[14]

L'incertezza relativa a questo fenomeno aveva spinto del Monte a tentare di conoscere le osservazioni di Cristoforo Clavio (1538–1612), grazie alla mediazione di Homero Tortora, un personaggio che i due interlocutori conoscevano:

> Io vorrei, che si dessero fuori le osservationi, come io le scrissi nell' altra mia. Et potria scrivere al s.r Homero, che si facci dar l'osservatione, che ha fatto il padre Clavio, con pregarlo, che'l veda d'haver d'Alemagna le osservationi, che haveranno fatte là, massime da quello, che adesso osserva di nuovo ogni cosa, che non mi ricordo il nome, acciò si possi chiarire dalla diversità dell'aspetto molte cose (Arrighi 1965, 193).

Tortora eseguì quanto gli venne richiesto e il 24 novembre 1604 comunicò a Giordani l'opinione del matematico gesuita:

> Il p.re Clavio tiene, che sia nuova stella, come fu tenuta da alcuni quella di Cassiopea, et dice di essersi seco confrontato uno di Cosenza, et haver di molti che concorrono in questa opinione avendo misurato ch'ella si trovi con le stelle fisse, et così tenere che il cielo sia corruttibile, altri si burlano di questa opinione, et s'aspettano di sentire quelle de gli Alemanni, Inglesi, Spagnoli, et levantini (Gamba and Montebelli 1988, 51).

[14] *Ibidem*. La misura così diversa della latitudine potrebbe anche essere dovuta ad un banale errore di comunicazione in questa lettera. La missiva del 31 dicembre 1604, infatti, così inizia: "Mi è stato caro assai di veder questa osservatione venuta da Praga, che è assai conforme alla mia quanto alla longitudine et latitudine," ivi, p. 195. La "osservatione venuta da Praga" riporta un valore della latitudine conforme alla media delle altre rilevazioni da parte degli astronomi e del tutto diverso rispetto a quello comunicato da del Monte a Giordani.

Da parte sua, Clavio confermò questa sua posizione in altre missive a noti scienziati del tempo.[15] Del Monte riuscì anche ad ottenere i valori provenienti "d'Alemagna" che inviò al Giordani il 6 dicembre 1604:

> Osservatione di Praga
>
> la lunghezza gr. 17 m. 45 e 2 10.
>
> la larghezza gr. 1 m. 35 2 39 septent.
>
> Dista dal capo del Serpentario gr. 34 m. 2
>
> Dista dalla spalla sinistra del med.o gr. 19 m. 54
>
> Dista dal sinistro ginocchio del serpentario gr. 16 m. 52 e di color gioviale (Arrighi 1965, 194).

Nessun dubbio sorge in merito all'identificazione di questo astronomo praghese. Si tratta del genero di Tycho Brahe (1546–1601), Franz Gansneb Tengnagel (+ 1622). L'indizio essenziale per questo riconoscimento proviene dal *De Stella Nova in Pede Serpentarii* di Keplero, in un passo nel quale vengono riportate le misure ottenute da Tengnagel:

> Die 11/21. Octobris in viridario Caesaris, ubi deposita habebantur instrumenta Braheana, observavit Tengnaglius gener Tychonis cum studiosis, me praesente, ista:
>
> Inter Novam et
>
> Jovem......4.7 1/2. ego solus
>
> Caput Ophiuchi..34.2 1/2.

[15] Per la corrispondenza di Cristoforo Clavio sulla nuova stella si vedano le sue lettere del 18 novembre 1604 a Giovanni Antonio Magini, cfr. (Favaro 1886, 283–285), e del 18 dicembre 1604 a Galilei (1968, vol. X, 120–121).

Humerum Sagittarij 19.54.

Sinistrum genu Serp. 16.52.

Inter Martem et
Humerum Sagittarij 30.30 1/2.
Sinistrum genu Serp. 27.36.[16]

E' palese la corrispondenza delle misurazioni nonostante qualche differenza. Keplero, ad esempio, non aveva riportato i valori di longitudine e latitudine mentre del Monte non aveva considerato la distanza della nuova stella da Marte e da Giove. Del Monte, inoltre, aveva commesso un banale errore al momento in cui ha indicato il valore della distanza della stella dalla spalla sinistra del Serpentario, invece che dalla spalla sinistra del Sagittario. Le parole di Guidobaldo sono attendibili dal punto di vista storico poiché, dopo la morte del Brahe, Tengnagel, in opposizione proprio a Keplero, aveva tentato in tutti i modi di impossessarsi degli strumenti e dei calcoli lasciati dal maestro, divenendo così quello che "adesso osserva di nuovo ogni cosa" (Arrighi 1965, 193).

In questo carteggio si trova anche qualche riferimento al significato astrologico del nuovo corpo celeste: "Et se a Bologna tengano che significhi augumento di religione, in Rimini ci è un frate Astrologo, che tiene il contrario, cio è che significhi detrimento di religione."[17] Mentre risulta di difficile individuazione l'astrologo bolognese, con un buon grado di certezza si può indicare quello di Rimini in Casamatta Faentino, autore di un trattato di astrologia nel quale aveva preannunciato esiti legati alla nuova stella.[18] Difficilmente Guidobaldo poteva condividere i pronostici dell'astrologo riminese che esplicitamente aveva negato la possibilità che potesse trattarsi di una cometa. Casamatta, dopo aver brevemente descritto le caratteristiche fisiche del nuovo corpo celeste ed aver indicato la

[16]"Il giorno 21 ottobre nel giardino imperiale, dove erano stati posti gli strumenti del Brahe, Tengnagel, genero di Tycho, insieme ad altri studiosi, rilevò in mia presenza questi dati:
Tra la Nova e Giove … 4. 7 1/2, io solo Testa dell'Ofiuco..34. 2 1/2 Spalla del Sagittario. 19. 54 Ginocchio Sinistro del Serpentario 16. 52. Tra Marte e Spalla del Sagittario. 30. 30 1/2 Ginocchio Sinistro del Serpentario 27. 36" (Kepler 1938, I, 209). Le osservazioni di Tengnagel erano giunte in Italia e diffuse dal Magini, come si legge nella sua lettera a Clavio del 18 dicembre 1604, cfr. (Gamba and Montebelli 1988, 50–51).

[17]Cfr. *Ibidem*. L'analisi della trattazione del significato astrologico in questo carteggio non fa parte del precedente mio lavoro (Giostra 2003). Nella lettera del 20 gennaio 1605 al Giordani, Guidobaldo parla di un trattato di astrologia giudiziaria del quale anche lo stesso Giordani era a conoscenza; probabilmente era opera di un astrologo del luogo dal momento che Guidobaldo accenna a possibili conseguenze sulle vicende locali.

[18]Cfr. (Casamatta 1605). La data di stampa non è indicata sul frontespizio ma è ricavabile dalla dedica al Signore di Sant'Agata, Horatio Fregosi, sottoscritta dallo stampatore il 15 gennaio 1605.

ragione della sua presenza vicino alla congiunzione di Giove e Marte,[19] ne aveva esaminato le conseguenze facendo una distinzione tra gli esiti previsti per i popoli occidentali e quelli per i popoli orientali. Casamatta, innanzitutto, si era basato sul pensiero aristotelico per prevedere la siccità come esito della presenza di "nuovi lumi."[20] Le considerazioni di Lorenzini che connette la siccità con la presenza della nuova stella si trovano nei capp. 9 e 11 della sua opera. Le altre conseguenze per i popoli occidentali, predette dal riminese, erano dovute all'influenza planetaria alla quale era soggetta la nuova stella: "morte di nobili, e di Principi; per essere simile alla forma di Giove, guerre per causa di Marte, venti e terremotti per causa di Mercurio Signore del Termine."[21] La presenza di Giove, soprattutto, insieme a qualche effetto positivo come "venti salutari, e fecondi,"[22] avrebbe causato anche "discordia fra nobili, prigionie di popoli, abscissione, et infirmità secche."[23] Come si evince dal testo della lettera, del Monte non possedeva quest'opera del Casamatta. In essa, infatti, non si parla esplicitamente di esiti nel campo religioso ma di conseguenze negative generali. Probabilmente del Monte aveva acquisito da altri qualche informazione relativa al trattato dell'astrologo riminese.[24]

---

[19]La nuova stella si trovava in prossimità della congiunzione planetaria tra Marte, Giove e Saturno e non mancarono gli studiosi che vedevano tra i due eventi un rapporto di interdipendenza. In questa sede, non potendo trattare dettagliatamente questo aspetto della discussione, mi limito a riportare il parere di Keplero che paragonò le nuove stelle del 1572 e del 1604, con quest'ultima che si distingueva per la sua vicinanza alla predetta congiunzione, alla differenza tra un'invasione subitanea ed una parata militare solenne: "Itaque prior illa Mundo non praemonito supervenit, et velut improvisus hostis, occupatis urbis moeniis, prius in foro comparuit, quam cives expeditionem eius fama percepissent: nostra vero, vulgo expectata a longo tempore, cum multa solennitate et triumphali pompa, ad diem constitutum est ingressa" (Kepler 1938, I, 272).

[20]*Discorso Astrologico*, cit., c. 11. La numerazione delle pagine non è stata inserita in questa opera; ho dovuto, pertanto, effettuare un conteggio partendo dal frontespizio della stessa. Per quanto riguarda la siccità, Aristotele collega ad essa la formazione di questi fenomeni in *Meteorologica*, I, 344b20–345a5. Questa teoria di Aristotele è stata ripresa da alcuni studiosi che tentavano di collegare la siccità di quel periodo alla Nova del 1604. Nel *Dialogo de Cecco di Ronchitti*, così Galilei ironizza su questa credenza: "Mamma mia! Ma che asciutto, che arsura è questa?" [...] NA: "I prati son tutti bruciati, le campagne secche com'un osso" [...] MA: "Da che tu credi mo', che proceda quest'asciuttore, eh?" [...] NA: "O che non hai visto quella stella che risplendeva la sera, tre mesi fa, che pareva un occhio di civetta? [...] L'è proprio lei la cagione di queste meraviglie e di questi seccori, secondo che dice un dottore di Padova" [...] MA: "Sì, ma essendo tanto lontana, e' non può sapere ciò che la sia, per dire che l'è lei che non lascia piovere" (Galilei 1968, II, 313–331). Bersaglio di Galilei era il rigido aristotelismo di Antonio Lorenzini, espresso nel lavoro (Lorenzini 1605).

[21]*Discorso Astrologico*, cit, c. 11.

[22]*Ibidem*.

[23]*Ibidem*.

[24]Nella lettera del 20 gennaio 1605, del Monte accenna ad un'altra opera astrologica da lui consultata. Dai contenuti, tuttavia, non sembra possa trattarsi della stessa opera del Casamatta, perché quest'ultima è in versione bilingue e non solo in latino. Quanto ai contenuti, del Monte dà solo qualche indicazione generica ed insufficiente per risalire all'autore. "Et quel trattato Latino mostra di esser di persona, che facci profession della giudiziaria [...] et credo, che l'indovinarà, perché vuol, che signi-

15.2 *De Stella Magorum*

La lettura del manoscritto di Guidobaldo conservato presso la Biblioteca Apostolica Vaticana presenta diverse difficoltà, soprattutto per il pessimo stato di conservazione di alcune sue parti che risultano del tutto illegibili. Si nota, inoltre, una successione non sempre bene articolata degli argomenti espressi. Queste caratteristiche, tipiche di molti manoscritti, denotano una stesura frettolosa ed il fatto che, in caso di pubblicazione, questo lavoro sarebbe stato rivisto dal suo autore.[25]

In diversi punti del testo del Monte afferma come molti siano gli interrogativi concernenti la stella di Betlemme e le opinioni in merito alle sue caratteristiche essenziali:

> Multae de Magorum stella quaestiones quaeri possunt, nempe qualis fuerit, quando primum visa: ubi, quomodo ex ea natum esse Christum Magi cognoverint.[26]

Il suo scopo, tuttavia, è quello di volerne discutere l'esatta natura basandosi su poche ed essenziali considerazioni: "Ac de ea tantum qualis fuerit, aliqua breviter attingemus."[27] La difficoltà di tale compito, comunque, lo induce a manifestare l'impossibilità di poter stabilire conclusioni certe, anche di fronte alla diversità dei pareri espressi: "Quid autem fuerit haec apparitio stellae inter scriptores magna dissensio est."[28] Tale differenza di interpretazioni, inoltre, sarebbe giustificata proprio dal testo evangelico (Mt 2, 1–11), secondo il quale sembrerebbe trattarsi di un fenomeno non molto evidente. La stella di Betlemme, infatti, sarebbe stata riconosciuta solo da astronomi esperti come i Magi ed avrebbe provocato lo stupore di Erode. La consapevolezza della varietà di opinioni spinge del Monte a trattare le più significative tra esse, iniziando da quella di Gregorio di Nissa (335–395ca), secondo cui doveva trattarsi di un reale corpo celeste, genericamente definito "stella," disceso dal cielo per volontà divina affinché i Magi potessero adorare Cristo:

---

fichi guerra e pace, concordie e discordie, malatie, et anche sanità, et poi si riduce che si habbi da far una monarchia, ma non ha fatto niente, poi non hà detto, chi il monarca habbi da esser, o il s.r Conte di Carpegna, o V.S., o io [...] perché altri, che siano non ha garbo" (Arrighi 1965, 195). Con i puntini in parentesi quadra ho indicato quelle parti della lettera non riportate dall'Arrighi.

[25] Le parti del testo riportate in questo lavoro contengono i termini per intero e non le abbreviazioni originali di del Monte. L'anno di compilazione del manoscritto è posto nella sua parte in alto a sinistra, al di sotto del nome dell'autore.

[26] *De Stella Magorum*, cit., c. 65. Per una conoscenza di base delle questioni connesse con la stella di Betlemme rimando ai lavori di Crudele (2002) e Holzmeister (1942).

[27] *De Stella Magorum* cit., c. 65.

[28] *Ivi.* c. 67

> Cum itaque diversae sint opiniones, nonnulli inter quos Gregorius Nisenus hanc fuisse veram stellam, unam de numero ceterarum existimarunt, quae quidem ut Magi obsequium praestare possent e caelo descenderit.[29]

Alcune obiezioni all'ipotesi di un vero corpo celeste erano fondate sull'impossibilità che lo stesso, data la sua distanza, avesse potuto guidare il cammino dei Magi. Del Monte sottolinea come Gregorio, invece, proprio per la ragione della distanza, avesse creduto in una discesa di un corpo celeste: "Quam difficultatem Gregorius animadvertens stellam in caelo non existere sed descendisse credidit, ut suo fungeretur officio."[30] Sempre dal pensiero dei Padri, del Monte attinge un'ulteriore possibile spiegazione che nega la precedente:

> Alii vero ac fere omnes, ut Crysostomus, Basilius, Ambrosius, Augustinus, et alii hanc non veram stellam, sed stellae similitudinem fuisse putarunt: idque multis argumentis probare conantur: nam si haec stella fuisset in caelo tunc Magis viam monstrare non potuisset et hoc fortasse propter maximam stellarum a terra distantiam.[31]

Agostino di Ippona, per esempio, non aveva dubbi sul fatto che quella di Betlemme non potesse essere una stella da sempre esistita. Nel *Sermo* 201.1 ne parla, sempre nell'ottica di un miracolo e contro le predizioni astrologiche, come di qualcosa che andava al di là delle caratteristiche usuali dei corpi celesti:

> Haec stella vanas computationes astrologorum divinationesque confudit, cum stellarum adoratoribus Creatorem coeli et terrae adorandum potius demonstravit […] Quid erat illa stella, quae nec unquam antea inter sidera apparuit, nec postea demonstranda permansit?[32]

---

[29] *Ivi.* c. 65.

[30] *Ivi.* L'opinione di Gregorio di Nissa viene riportata nell'opera dell'astronomo gesuita Giovambattista Riccioli (1598–1671): "Stellam itaque quae apparuit Magis, fuisse unam de antiquis fixis stellis, aut de septem planetis, quae descenderit ad terram, censuit S. Gregorius Nyssenus homilia de Christi incarnatione" (Riccioli 1651, vol. II, 179-180).

[31] *De Stella Magorum*, cit., c. 65.

[32] "Questa stella ha sconvolto i calcoli senza alcun fondamento degli astrologi e le loro previsioni, mentre ha fatto capire a chi venera gli astri che occorre piuttosto adorare il creatore del cielo e della terra [...] Cosa era quella stella, mai precedentemente apparsa tra le altre e che poi non si fece più vedere?" Agostino, *Sermo* 201.1. In generale il pensiero dei Padri concordava su un punto essenziale: la presenza della stella era dovuta ad un miracolo divino e ciò escludeva ogni possibilità che la nascita di Cristo fosse dovuta agli influssi astrali. La stella, dunque, sarebbe stata uno strumento per l'annuncio dell'evento, come afferma lo stesso Agostino nel *Sermo* 204, nel quale viene definita una "lingua venuta dal cielo." In diversi suoi *Sermones*, S. Agostino afferma che Dio si sarebbe servito degli angeli per annunciare la natività ai pastori (Lc 2,8–20) e della stella per annunciarla ai Magi. In particolare,

L'affermazione più esplicita del santo di Ippona è quella contenuta nel *Contra Faustum*:

> Proinde non ex illis erat haec stellis, quae ab initio creaturae itinerum suorum ordinem sub Creatoris lege custodiunt […] Si autem, ut probabilius creditur, ad demonstrandum Christum, quae non erat exorta est; non ideo Christus natus est quia illa exstitit, sed ideo illa exstitit quia Christus natus est.[33]

Del Monte riporta le ragioni per le quali i Padri da lui citati non avevano aderito alla possibilità che fosse una vera stella. Queste motivazioni sono tratte direttamente dalla descrizione dell'evento offerta dal Vangelo di Matteo 2, 1–11:

> Praeterea, ut hanc non fuisse veram stellam ostendant alias in medium afferunt rationes. Quod haec numquam antea, neque poscia visa fuerit quod non solum noctu, verum etiam interdiu luxerit. Quod aliquando sese occultaverit dum scilicet Magi Ierosolymam intraverunt. Quod rursus apparuerit dum in Betlehem proficiscerentur. Quod steterit supra ubi erat Dominus.[34]

La trattazione offerta in questo manoscritto, tuttavia, rimane sempre nell'ambito della probabilità e non della certezza: "Quae quidem rationes valde probabiles sunt; necessaria tamen argumenta non existunt."[35] A questo punto, per mostrare che l'onnipotenza divina avrebbe potuto anche agire diversamente, del Monte fa riferimento, senza citare direttamente i versetti, ad alcuni noti episodi biblici che descrivono interventi straordinari di Dio per alterare il naturale corso di alcuni fenomeni astronomici. L'arresto del Sole nel libro di Giosuè (Gs 10,12–14), l'arretramento della sua ombra sulla meridiana di Acaz dietro richiesta di Isaia (2 Re 20, 10–11) e l'oscuramento del corpo solare al momento della morte di Cristo (Mt 27,45; Mc 15,33; Lc 23,44), sono tutti esempi per affermare come l'onnipotenza divina avrebbe potuto anche fare in modo che si trattasse di una vera stella con speciali caratteristiche:

---

nei *Sermones* 204 e 373 tale duplice modalità di annuncio rappresenterebbe una conferma del Salmo 18,2—"Caeli enarrant gloriam Dei:" "Illis (pastoribus) eum angeli, istis vero stella eum nuntiavit. Caelos angeli habitant, et sidera exornant: utrisque ergo caeli enarraverunt gloriam Dei utrisque ergo caeli enarraverunt gloriam Dei," *Sermo* 204.

[33] "Quella stella, dunque, non era tra quelle che fin dall'inizio della creazione mantengono l'ordine delle loro traiettorie secondo la legge del Creatore [...] Se poi, come è più giusto credere, sia nata una stella che ancora non esisteva per annunciare Cristo, non fu certo la sua esistenza a determinare la nascita di Cristo ma la sua esistenza si deve alla nascita di Cristo," Agostino, *Contra Faustum manichaeum libri triginta tres*, 2.5.3.

[34] *De Stella Magorum*, cit., cc. 65–66.

[35] *Ivi*. c. 66.

> Nam Deus, qui aliquando fecerat ut Sol staret, aliquando vero ut retro reverteretur, aliquando ut lumen amitteret, facere quoque potuisset ut vera stella suo naturali cursu relicto […] omnia praeter naturam suam quoque praestaret.[36]

Nonostante quest'ultima possibilità, tuttavia, del Monte aderisce alla teoria dei Padri precedentemente citati, il cui parere viene ritenuto da lui non assolutamente trascurabile, essendo una questione strettamente legata alla teologia e che sfugge ad una precisa interpretazione alla luce della filosofia naturale: "Attamen haec posterior sententia tamquam rationi magis consentanea amplectenda videtur; quippe quae […] Patrum […] auctoritate roboratur."[37] Guidobaldo avanza un'altra considerazione, di carattere maggiormente matematico, per obiettare che potesse trattarsi di un vero corpo celeste; la sua eccessiva grandezza, infatti, rende questa ipotesi non accettabile, anche perché non avrebbe potuto in alcun modo indicare la strada che conduceva al luogo nel quale si trovava Cristo:

> Nam si vera stella e caelo descenderet, propter immensam stellae molem, totam terram occupare videretur: atque ad peculiare iter ostendendum propter eius magnitudinem inutilis […].[38]

Anche in questo caso, come già fatto per le considerazioni precedenti, del Monte non esclude che la volontà divina potrebbe essere intervenuta per modificare le dimensioni di una vera stella o per fare in modo che le sue dimensioni apparissero piccole agli osservatori. Ciò che lo porta ad escludere tale possibilità, comunque, è la sua concezione dei miracoli che avverrebbero solo in casi eccezionali e che non dovrebbero essere riconosciuti come tali a meno che non esistano altre possibili spiegazioni:

> Nisi Deus an maxime parvula, sive ut oculis parva apparuerit fixisset. Deus vero miracula absque necessitate facere non solet, neque nobis nisi probantur pro miraculis sunt retinenda.[39]

[36] *Ibidem.*; L'abbinamento tra i due miracoli, cioè l'apparizione della stella al momento della natività e l'oscuramento del Sole in occasione della crocifissione, potrebbe essere stata suggerita a del Monte dalla lettura dei testi agostiniani—per un confronto si veda il testo dei *Sermones* 199.2.3—e del filosofo rinascimentale Marsilio Ficino, cfr. nota 46.

[37] *Ibidem*; Nonostante l'impossibilità di interpretazione di qualche parola, la parte integra del testo non dovrebbe dar adito a dubbi in proposito, poiché l'autorità dei Padri è un argomento esplicitamente affermato in più parti del manoscritto. Anche per questo testo ho inserito tre puntini in parentesi quadra al posto di ogni parola che non sono riuscito a decifrare a causa del cattivo stato di conservazione. Da ora in poi continuerò ad usare questo tipo di semplificazione.

[38] Cfr. *ibidem*.

[39] *Ivi*, cc. 66–67.

Del Monte, dunque, concorda con l'impostazione della maggior parte dei Padri da lui menzionati e, sempre consapevole dell'impossibilità di conseguire una certezza assoluta, si schiera con coloro che non credevano si trattasse di un vero corpo celeste. Secondo la sua opinione, è stata la somiglianza con un corpo celeste ad indurre l'evangelista a definirlo in quel modo:

> Credibile igitur est hanc non fuisse veram stellam, sed apparentiam, cum stellae similitudo esse potuerit, et ad ostendendam Magis viam satis fuerit quamvis hoc quoque non sit sine miraculo factum. Evangelista itaque hanc stellam non veram sed apparentiam, ac propter similitudinem non propter veritatem appellavit.[40]

In questo caso del Monte esprime un concetto molto simile a quello di Giovanni Crisostomo (350–407ca) e dopo aver elencato le stesse ragioni per escludere la possibilità che fosse vera stella, parla di un'apparenza dovuta alla volontà dell'intelletto divino.[41] La scelta dell'Evangelista di chiamarla "stella" si deve allo stesso motivo per il quale nel linguaggio ordinario qualsiasi fenomeno luminoso in aria viene comunemente identificato allo stesso modo; il passo in questione contiene un chiaro riferimento ai *Meteorologica* di Aristotele:

> Quotidie nos quoque huiusmodi apparentias quamvis verae stellae non sint stellas tamen vocamus, ut crinitas, easque precipue quae sunt absque cauda.[42]

L'incertezza e la già citata diversità di opinioni,[43] fanno in modo che del Monte torni a valutare altri pareri espressi che, come si vedrà nel prosieguo, non

[40]*Ivi*, c. 67.

[41]Per i riferimenti all'opera di Crisostomo, cfr. nota 57. Tommaso d'Aquino discute le opinioni di Crisostomo anche se adotta la tesi secondo la quale si tratterebbe di una stella creata per l'occasione e posta nelle vicinanze della Terra: "Et, sicut ipse (Chrysostomus) dicit, hoc non videtur proprium esse stellae, sed virtutis cuiusdam rationalis. Unde videtur quod haec stella virtus invisibilis fuisset in talem apparentiam transformata. Unde quidam dicunt quod, sicut spiritus sanctus descendit super baptizatum dominum in specie columbae, ita apparuit Magis in specie stellae. Alii vero dicunt quod Angelus qui apparuit pastoribus in specie humana, apparuit magis in specie stellae. Probabilius tamen videtur quod fuerit stella de novo creata, non in caelo, sed in aere vicino terrae, quae secundum Dei voluntatem movebatur," *Summa Theologiae*, III, q. 36, a. 7.

[42]*De Stella Magorum*, cit., c. 67. Nei *Meteorologica* Aristotele offre una spiegazione di questi fenomeni che, secondo lo stagirita, restano confinati all'interno della zona elementare. Per quanto riguarda le comete si veda la sezione I. 344 a 10 ss, mentre per la spiegazione degli altri fenomeni luminosi, chiamati impropriamente stelle, in particolare con riferimento alle stelle cadenti, si veda la sezione I. 341b. In ogni caso, nella teoria aristotelica, sia per le comete che per gli altri fenomeni luminosi, la ragione consiste nell'infiammazione delle esalazioni di origine terrestre a causa della traslazione delle sfere celesti superiori.

[43]Cfr. note 26 e 28.

incontrano il suo favore. Innanzitutto riporta quello di chi ha creduto trattarsi dello Spirito Santo che, disceso dal cielo sotto forma di colomba in occasione del battesimo di Cristo (Mc 1,10; Mt 3,16; Lc 3,22), allo stesso modo sarebbe disceso sotto forma di corpo celeste:

> Etenim Spiritum Sanctum fuisse nonnulli putarunt, ut qui columbae specie post Baptismum ad demonstrandum Christum descenderit, ita nunc quoque ad eundem ostendendum stellae specie similiter descenderit.[44]

A questa interpretazione segue quella di chi si fonda sul testo dell'Apocalisse (Ap 1,20) per sostenere che fosse un angelo con le sembianze di una stella: "Alii vero Angelus fuisse dixerunt, qui stellae speciem induerit: cum Angelos appellari stellas in Apocalipsi manifestum sit."[45] Tra le varie teorie citate e non condivise, quella da ritenere più accettabile, secondo del Monte, identifica il fenomeno con una cometa. Alla base di questa scelta da parte di Guidobaldo vi sono la sua concezione della rarità del miracolo e la conseguente preferenza per una spiegazione naturale:

> Plerique viri alii cometam fuisse crediderunt. Quam quidem postremam sententiam alii probabilem esse existimarunt: non enim sunt absque necessitate multiplicanda miracula.[46]

[44] *De Stella Magorum*, cit., c. 67. In questo caso del Monte, negando la possibilità che si sia ripetuto un miracolo di quella portata, in base alla sua fiducia nel cosmo aristotelico nega che un qualsiasi corpo abbia potuto attraversare le sfere solide celesti, come sarebbe avvenuto nel caso del battesimo di Cristo. "Baptizatus autem Jesus, confestim ascendit de aqua, et ecce aperti sunt ei cæli: et vidit Spiritum Dei descendentem sicut columbam, et venientem super se," Mt 3,16. "Et statim ascendens de aqua, vidit cælos apertos, et Spiritum tamquam columbam descendentem, et manentem in ipso," Mc 1,10. "Factum est autem cum baptizaretur omnis populus, et Jesu baptizato, et orante, apertum est cælum: et descendit Spiritus Sanctus corporali specie sicut columba in ipsum," Lc 3, 21-22. Nella Bibbia, altri riferimenti concernenti la presunta "apertura" dei cieli possono essere trovati in: Ez 1,1; At 10,11; Ap 4,1; Ap 15,5; Ap 19,11; Is 63,19. I testi biblici riportati in questo saggio sono stati ripresi dalla *Vulgata Clementina*, ufficialmente adottata nel mondo cattolico nel 1592.

[45] *De Stella Magorum*, cit., c. 67, "Septem stellæ, angeli sunt septem ecclesiarum," Ap 1,20. Le due ultime frasi di Guidobaldo riconducono al testo di Tommaso d'Aquino sopra riportato (cfr. nota 41) nel quale, tuttavia non vi è riferimento al libro dell'*Apocalisse*. Le similarità del testo e il fatto che l'Aquinate abbia discusso la tesi di Crisostomo rendono plausibile che del Monte conoscesse questa sezione della *Summa Theologiae*.

[46] Ivi, c. 67. Tra i Padri che hanno ipotizzato potesse trattarsi di un corpo celeste di breve durata, segnalo il parere di Origene (185–254) espresso nell'opera *Contra Celsum* (I, 58–60). Secondo Origene, il racconto dell'evangelista Matteo esclude la possibilità di una stella o un pianeta ma si accorda con le caratteristiche di un corpo celeste come una cometa o una meteora. Basandosi sul pensiero dello stoico Cheremone, per Origene se si può credere nella comparsa di questi corpi in occasione di grandi eventi storici, a maggior ragione si può credere nella comparsa di uno di essi in concomitanza con la nascita di Cristo e l'avvento del suo messaggio universale. Anzi, mentre non vi sono esatte profezie

Questa visione del miracolo, sempre secondo il marchese, sarebbe stata adottata anche dall'evangelista Matteo che avrebbe chiamato quel corpo celeste "stella" in base ad una sorta di principio di accomodazione o, quantomeno, di uso del linguaggio comune:

> Quare cum eam Evangelista stellam nominat […] est, ut et nos quoque eam esse stellam affirmamus, ac de numero earum quae in aere gignuntur.[47]

Il miracolo della stella, dunque, consiste innanzitutto nell'aver annunciato la natività; a questo fine sarebbe stato subordinato il suo moto, del tutto diverso da quello delle altre stelle: "Huius vero stellae miraculum in nutu esistit, quae praeter naturam aliarum huiusmodi stellarum moveri visa est."[48] In questo caso, anche del Monte si fonda sul linguaggio comune ed usa in maniera generica il termine "stella," per indicare un corpo in movimento. Allo stesso modo, dunque, avrebbe ragionato l'evangelista Matteo (Mt 2,2):

> Hac fortasse ratione moti quia Evangelista inquit: "Vidimus enim stella eius: […] cum stellam nominet, […] stella quoque fuerit non dubitandum."[49]

Nel *De Stella Magorum* non viene fatto alcun cenno ad un eventuale pianeta o ad una congiunzione planetaria, con quest'ultima che sembrerebbe al giorno d'oggi l'ipotesi più accreditata.[50] Del Monte senz'altro esclude che i Magi, con tutta probabilità astrologi di origine zoroastriana, abbiano voluto seguire qualche stella fissa nel suo percorso che segue quello della volta celeste più esterna. Nelle parole che seguono, il marchese illustra la specificità del fenomeno e del miracolo

in merito agli effetti delle comete sulle vicende storiche, nel caso della Stella di Betlemme vi è quella di Balaam nel libro dei *Numeri* 24,17, "Una stella spunta da Giacobbe, uno scettro sorge da Israele." Il testo di Origene venne ripreso da Marsilio Ficino che, nel *De Stella Magorum*, affermò trattarsi di una cometa. Ficino sostenne che i Magi avessero intuito la nascita di un grande re in base alle loro conoscenze astrologiche e, inoltre, in base al moto e alla luminosità non naturali della cometa. Queste caratteristiche, attestate dal racconto evangelico, sarebbero state possibili grazie all'intervento dell'Arcangelo Gabriele che avrebbe condensato l'aria per poi illuminarla con la sua luce. La sua azione, dunque, avrebbe condotto la cometa dalla Giudea verso oriente per renderla visibile ai Magi e da lì sarebbe tornata indietro per guidare il loro cammino. Secondo Ficino, la potenza angelica, pertanto, avrebbe anche annunciato la Natività ai pastori (Lc 2,8–20), ammonito i Magi a non tornare da Erode (Mt 2,12), avvertito Giuseppe di fuggire in Egitto (Mt 2, 13–15) e oscurato il Sole al momento della morte di Cristo (Mt 27,45—Mc 15,33—Lc 23,44). La versione italiana del *De Stella Magorum* di Ficino si trova in (Pompeo Faracovi 1999, 158–163).

[47] *Ivi,* cc. 67–68.

[48] *Ivi*, c. 68.

[49] *Ivi*, c. 65.

[50] Per una sintesi delle opinioni in merito si veda (Crudele 2002).

divino: si trattò di un corpo in movimento, posto nelle vicinanze della Terra, molto più vicino rispetto alle comete che si collocano nella parte più alta della zona elementare. Non può essere giudicato come un fenomeno temporaneo, alla pari di quelli ai quali ha già accennato,[51] poiché differisce da questi ultimi per non aver perso la luminosità:

> Deinde in propinquitate terrae ab aliis differre non sine miraculo est: quod quamvis multa iuxta terram ignea apparere […] sint. […] post apparitionem […] Cometae vero quia diu durant non nisi in suprema aeris regione generantur; quam quidem omnia in aethereis perspicua sunt. Quod si haec stella in suprema regione aeris extitisset tam longe a terra distare visa fuisset, ut numquam iter, nec ubi erat puer ostendere potuisset. Praeterea quia interdiu lumen non amiserit absque miraculo fortasse non fuit.[52]

In quest'ultimo passo si nota un ritorno al contenuto dei *Meteorologica* I 344a 10 ss, per quanto riguarda i fenomeni atmosferici e la teoria delle comete. Vi è anche un indizio che, oltre a richiamare la tendenza all'uso del linguaggio comune, si collega al contenuto del suo carteggio con il Giordani. Tornando ad esprimere una considerazione di tipo matematico, infatti, del Monte afferma che certi fenomeni, con implicito riferimento soprattutto alle comete, sono osservati nei cieli ("omnia in aethereis perspicua sunt").

Il fine dell'annuncio della Natività, per del Monte, fa sì che le caratteristiche della stella di Betlemme non possano essere assimilate a quelle degli altri corpi celesti e ciò viene espresso nella parte del testo più difficile da decifrare. Dalle parole comprensibili si evince, tuttavia, l'adesione teologica ai dettami del cristianesimo e, in particolare, all'interpretazione dei Padri. Si nota, innanzitutto, il rifiuto dell'astrologia divinatrice al momento in cui si esclude che la stella possa aver causato la nascita del Signore, essendo quest'ultimo evento antecedente alla sua apparizione. Si nota, in questa e in altre sezioni del manoscritto, l'influenza dell'idea agostiniana, sovente espressa nei *Sermones*, di una manifestazione ai Magi che indicherebbe, in realtà, una più generale Rivelazione ai pagani. Come afferma Giovanni Crisostomo, non si trattava di "semplici stranieri, ma quelli che erano i più sapienti tra loro."[53] Siamo in presenza, infatti, di una descrizione di un'apparenza, dotata di uno splendore eccezionale al punto da essere visibile anche di giorno. Questo evento, implicante l'intervento diretto divino ed osservato

[51] Cfr. nota 44.
[52] *De Stella Magorum*, cit., c. 68.
[53] Questo passo di Giovanni Crisostomo, tratto dalle *Omelie sul Vangelo di Matteo* 7,3, è stato ripreso da Simonetti (2004, 67).

in “infima aeris regione,” rappresenta uno stravolgimento degli assunti di base della cosmologia di origine aristotelica:

> Cum igitur […] Domini stella […] apparitionem: quam quidem Dominum non nasciturum sed iam natum erat […], cum Magi dixerint: Ubi est qui natus est Rex Iudeorum quis […], quae oculis stellae […], splendidissimam speciosissimam, ac multo […] quam Venus, dum in […] magis distans […] vicinum […] praenuntiat fuisseque hanc stellam in infima aeris regione, ut Dei nutu iter Magis ostendere possit.[54]

Tra gli astronomi dell’era moderna che si sono occupati della stella di Betlemme, Tycho Brahe arrivò a conclusioni analoghe a quelle di del Monte. Anche nel testo dei *Proginasmi*, come veniva comunemente chiamata quest’opera dagli astronomi italiani, si notano l’ispirazione ai testi dei Padri, l’insolito comportamento naturale, l’impossibilità di paragonarla alla Nova del 1572, la finalità della manifestazione ai Magi, il rifiuto dell’astrologia divinatrice. Questi furono, anche per l’astronomo danese, gli elementi essenziali della sua interpretazione, volta ad affermare l’intervento diretto di Dio.[55] Le caratteristiche della stella, pertanto, sono state predisposte da Dio per guidare i Magi, gli unici ad averla vista, verso la grotta di Betlemme. All’interno dei testi patristici una delle affermazioni più forti che collega la Stella di Betlemme al volere di Dio è quella di Sant’Ambrogio (339–397) che, citando il libro dei *Numeri* 24,17, dichiara come si trattasse solo di una mera manifestazione della volontà divina. La stella indicava la via verso Cristo e ne manifestava in pieno la luce.[56] Del Monte conclude questo scritto con

---

[54] *De Stella Magorum*, cit., c. 68.

[55] “Illa, inquam, stella non erat de Coelestium Astrorum genere, neque cum hac Nova, cuius hic sit mentio, aut Cometis, ullatenus congruebat. Fuit potius peculiare atque admirandum Dei Opus [...] Existisse enim hanc Stellam Magorum, longe ab aliis, quae in Aethere lucent, diversam sive indigenae sive ascititiae sint, inde satis probatur [...] Siquidem non in suprema Aeris Regione, nedum in ipso Coelo versabatur” (Brahe 1602, cc. 324-325). Già nella sua prima opera sulla nuova stella, Brahe si era soffermato ad escludere ogni possibile collegamento tra la Stella dei Magi e il nuovo corpo celeste nella costellazione della Cassiopea. Anche in questo caso, le caratteristiche della Stella di Betlemme, desumibili dal racconto evangelico, non concordano in nessun modo con le rilevazioni matematiche riguardanti la Nova del 1572: “Illa enim non in coelo inter reliquas stellas, sed in ima aeris regione, non procul a superficie terrae locum obtinebat [...] Sufficit enim demonstrasse hanc novam et inusitatam stellam, quae nuper apparuit, nullam habere cognationem cum illa, quae Magis conspiciebatur, nec posse eius generationis modum salvari, vel a Theologis, vel a Philosophis, nec ab ipsis etiam Mathematicis” (Brahe 1573, cc. 22-23).

[56] “Stella ab his (Magis) videtur; et ubi Herodes est, non videtur: ubi Christus est rursus videtur, et viam monstrat. Ergo stella haec via est, et via Christus; quia secundum Incarnationis mysterium Christus est stella: Orietur enim stella ex Jacob, et exsurget homo ex Israel. Denique, ubi Christus, et stella est; ipse enim est stella splendida et matutina. Sua igitur ipse luce se signat [...] (Magi) viderunt novam stellam, quae non erat visa a creatura mundi. Viderunt novam creaturam, et non solum in terra, sed

la descrizione del suo movimento, riprendendo qualche particolare dal versetto evangelico di Mt 2,9:

> Ita ut modo recta, modo dextrorsum, vel sinistrorsum incederet prout itineris opportunitas expostulabat: deinde aliquando gradum sistitit, ut Magi quiescerent: rursusque similiter progrederetur: poscia occultavit se, dum Magi Ierosolymis permaserunt: illisque dum iter in Betlehem aggrederentur maximo gaudio rursus appareret; at denique ubi erat puer Dominus noster Iesus Christus staret tamquam officio perfuncta suo.[57]

I contenuti del *De Stella Magorum* denotano l'adesione di del Monte all'interpretazione data al racconto della stella di Betlemme da parte di alcuni Padri e palesano una precisa concezione del miracolo per ciò che concerne i fenomeni naturali. Un miracolo dunque non dubitabile, ma che allo stesso tempo non avrebbe sconvolto l'ordine naturale. Non si tratta per del Monte di una vera nuova stella oppure, come pensava Gregorio di Nissa, di uno straordinario moto non naturale di una stella sempre esistita e scesa nelle basse zone dell'atmosfera terrestre. Il fenomeno, dunque, rimane circoscritto nell'ambito della volontà divina di annunciare l'Incarnazione guidando i Magi verso Betlemme, senza dover causare, per questa ragione, alcuno stravolgimento dell'equilibrio cosmologico.

15.3 Conclusioni

Nonostante che l'anno di compilazione del manoscritto coincida con quello della comparsa della Supernova di Keplero, non vi sono molti elementi che accomunano i contenuti del *De Stella Magorum* e quelli del carteggio con Pier Matteo Giordani. È bene ricordare che qualche astronomo del tempo aveva colto l'occa-

etiam in coelo gratiam novi hominis requirebant, secundum quod Moyses prophetice posuit, quia Orietur stella ex Jacob, et exsurget homo ex Israel. Et cognoverunt hanc esse stellam, quae hominem Deumque significat." Queste due citazioni, facenti parte del secondo libro del commento al Vangelo di San Luca, sono state riprese da (Ambrogio 1875-1883, vol. III, 52-53).

[57] *De Stella Magorum*, cit., cc. 68–69. Una descrizione del comportamento anomalo della Stella di Betlemme, simile a quella offerta in questo manoscritto, è quella di Giovanni Crisostomo nelle *Omelie sul Vangelo di Matteo* 7,3–4. Proprio queste sue caratteristiche avevano indotto Crisostomo ad escludere la somiglianza con qualsivoglia altro oggetto celeste: "Nessun'altra stella, infatti, ha una simile natura" (Simonetti 2004, 67). Crisostomo, nel passo 7,4 delle *Omelie*, afferma come una delle evidenze in favore del carattere rivelatorio di questo evento fosse dato dalla sua momentanea scomparsa al momento dell'ingresso dei Magi a Gerusalemme. In questo modo, prima che la stella apparisse loro di nuovo dopo essersi messi in cammino, gli stessi Magi sarebbero stati costretti a chiedere informazioni sul luogo di nascita di Cristo, parlando così agli Ebrei della stella stessa.

sione della comparsa delle due nuove stelle del 1572 e del 1604 per paragonarne la natura ed il significato a quella di Betlemme.[58]

Nel carteggio vi sono riferimenti generici all'astrologia che denotano un certo interesse per quella disciplina, mentre nel *De Stella Magorum* l'unico riferimento astrologico consiste nella dichiarata impossibilità di poter attribuire ogni eventuale ruolo causativo alla stella di Betlemme per l'evento della nascita di Cristo. Si tratta, dunque, di indicazioni insufficienti per affermare la presenza, in questi testi, di una visione astrologica comune.

Guidobaldo ha sostenuto nel carteggio che la nuova stella in realtà fosse una cometa. Nel manoscritto ha affermato che l'interpretazione che ha indicato nella stella di Betlemme una cometa fosse, tra le teorie da respingere, quella più plausibile alla luce del racconto evangelico e della regolarità dei fenomeni naturali. Si è visto come nel carteggio la difesa di questa posizione abbia indotto il marchese a riconoscere le difficoltà di conciliazione tra le rilevazioni del calcolo e la cosmologia tradizionale.[59]

Un elemento comune a questi scritti è il ricorso al testo aristotelico, in particolare a quello dei *Meteorologica* che assume un ruolo particolare. L'incorruttibilità dei cieli, apertamente difesa nel carteggio, rientra in una visione incentrata sulla regolarità e prevedibilità dei fenomeni celesti, riscontrabile anche nel manoscritto e il cui fondamento è identificabile nell'impostazione aristotelica. Quest'ultima descrive un cosmo perfetto ed ordinato, regolato da una insita finalità che determina il comportamento di ogni corpo al suo interno. Questa visione mira ad un inquadramento globale dei fenomeni osservati senza concedere molto spazio alla possibilità di poter osservare nuove realtà. È questa la concezione di fondo riscontrabile nel carteggio e nel *De Stella Magorum*, analizzati in questo lavoro. Nel caso della Supernova di Keplero tale idea di regolarità era stata del tutto messa in crisi. Nel caso della stella di Betlemme, invece, l'inconciliabilità tra le sue caratteristiche e quelle usuali dei corpi celesti, evidenziata sia dagli astronomi che dai Padri, porta, secondo del Monte, a riconoscere un miracolo che si limita

---

[58] Jan Van Heeck, uno dei fondatori dell'Accademia dei Lincei, nella sua opera sulla Nova del 1604 contesta alcune interpretazioni relative alla natura delle nuove stelle, tra le quali quella che le paragonava alla stella di Betlemme: "Seconda sententia est aliquorum quos Ticho citat dicentium has stellas esse eius naturae cuius erat illa, quae Magorum apparuit tempore, hoc falsum esse facillime probatur. Illa enim a Deo miracolose in aeris regione creata, et conservata fuit terrae propinqua, haec autem a terra remotissima, certissimis instrumentorum apodixibus in caelo reperta fuit, quod autem illa prope terram fuerit ex eo certum est, quod alias domum precise, in qua Infans Christus fuit non designasset" (Heckius 1605, cc. 14-15). Per quanto concerne l'opinione in merito di Tycho Brahe, cfr. nota 55.

[59] Come già accennato (cfr. nota 44), accettando l'idea di un comportamento anomalo di un corpo celeste, del Monte avrebbe annullato la dicotomia terra-cielo, tipica della cosmologia della tradizione. L'avvicinamento di un qualsiasi corpo celeste alla Terra, infatti, avrebbe comportato l'attraversamento delle sfere celesti. Si sarebbe trattato, pertanto, di un evento sconvolgente soprattutto per un sostenitore del modello cosmologico di origine aristotelica.

alla volontà divina di rendere visibile la stessa stella ai Magi, senza necessità di alterare l'ordine naturale precostituito.

Riferimenti

Ambrogio (1875-1883). *Sancti Ambrosii Mediolanensis Episcopi, Ecclesiae patris ac Doctoris Opera Omnia ad Mediolanenses Codices Presiius Exacta, curante Paulo Angelo Ballerini*. Milano: Typographia Sancti Josephi.

Arrighi, G. (1965). Un grande scienziato italiano: Guidobaldo dal Monte. *Atti dell'Acc. Lucchese di Scienze, Lettere ed Arti* XII:183–199.

Brahe, T. (1573). *Tychonis Brahe Dani de Nova et Nullius aevi memoria prius visa stella, iam pridem Anno a nato Christo 1572, mense Novembri primum Conspecta, Contemplatio Matematica*. Copenhagen: Laurentius Benedicti.

— (1602). *Tychonis Brahe Astronomiae Instauratae Progymnasmata, quorum haec prima pars de restitutionibus motuum solis et lunae stellarumque inerrantium tractat. Et Praeterea de admiranda Nova Stella Anno 1572 exorta luculenter agit*. Uraniborg, Prague.

Casamatta (1605). *Discorso Astrologico, nel quale oltre le mutazioni de' Tempi, si scoprono varij naturali avvenimenti, non solo dell'Anno presente MDCV ma anco per tutto l'Anno MDCXI. Con un giudicio sopra la nova stella apparsa l'Anno 1604 del Mese d'Ottobre. Del famosissimo Sig. Casamatta Faentino Professor d'Astrologia*. Rimini: S. Simbeni.

Cassirer, E. (1968). *Storia della filosofia moderna*. Milano: Il Saggiatore.

Crudele, M. (2002). La stella di Betlemme. In: *Dizionario interdisciplinare di scienza e fede*. Ed. by G. Tanzella-Nitti, A. Strumia. Roma: Urbaniana University Press-Città Nuova Editrice.

Delle Colombe, L. (1606). *Discorso di Lodovico delle Colombe nel quale si dimostra, che la nuova stella apparita l'Ottobre passato 1604 nel Sagittario non è cometa, né stella generata, ò creata di nuovo, ne apparente, ma una di quelle che furono da principio nel cielo; e ciò esser conforme alla vera Filosofia, Teologia, e Teologiche dimostrazioni. Con alquanto di esagerazione contro a' giudiziari Astrologi*. Firenze: stamperia de' Giunti.

Drake, S. (1976). *Galileo Against the Philosophers in His Dialogue of Cecco di Ronchitti and Considerations of Alimberto Mauri*. Los Angeles: Zeitlin - Ver Brugge.

— (1988). *Galileo. Una biografia scientifica*. Bologna: Il Mulino.

Favaro, A. (1886). *Carteggio inedito di Ticone Brahe, Giovanni Keplero e di altri celebri astronomi e matematici dei sec. XVI e XVII, con Giovanni Antonio Magini, tratto dall'archivio Malvezzi de' Medici in Bologna*. Bologna: Nicola Zanichelli.

Galilei, G. (1968). *G. Galilei, Le opere*. Ed. by A. Favaro. Florence: Barbera.

Gamba, E. and V. Montebelli (1988). *Le scienze a Urbino nel tardo Rinascimento*. Urbino: QuattroVenti.

Giostra, A. (2003). La stella o cometa nelle lettere di Guidobaldo dal Monte a Pier Matteo Giordani. *Giornale di Astronomia* 29(3):46–53.

Heckius, J. (1605). *De nova stella disputatio Io. Heckij Lyncaei Daventriensis philosophiae & medicinae doctoris. Ad illustriss. Dominum D. Federicum Caesium marchionem Monticellorum*. Roma: apud Aloisium Zannettum.

Holzmeister, U. (1942). La stella dei magi. *La Civiltà Cattolica* 93:1–22.

Kepler, J. (1938). *Gesammelte Werke*. Ed. by M. Capsar and W. Van Dyck. München: C.H. Beck'sche Verlagsbuchandlung.

Lorenzini, A. (1605). *Discorso dell'Ecc: Signor Antonio Lorenzini da Montepulciano intorno alla Nuova Stella*. Padova: Appresso Pietro Paolo Tozzi.

Mauri, A. (1606). *Considerazioni di Alimberto Mauri sopra alcuni luoghi del Discorso di Ludovico delle Colombe intorno alla stella apparita nel 1604*. Firenze: appresso Giovanni Antonio Caneo.

Pompeo Faracovi, O. (1999). *Gli oroscopi di Cristo*. Venezia: Marsilio.

Riccioli, G. (1651). *Almagestum novum astronomiam veterem novamque complectens observationibus aliorum, et proprijs novisque theorematibus, problematibus, ac tabulis promotam, in tres tomos distributam quorum argumentum sequens pagina explicabit. Auctore P. Ioanne Baptista Ricciolo Societatis Iesu Ferrariensi philosophiae, theologiae, et astronomiae professore*. Bologna: ex typographia Haeredis Victorij Benatij.

Ricci, S. (1988). Federico Cesi e la nova del 1604. La teoria della fluidità dei cieli e un opuscolo dimenticato di Joannes Van Heeck. *Atti della Accademia Nazionale dei Lincei* XLIII(5-6):111–133.

Simonetti, M. (2004). *La Bibbia commentata dai Padri*. Roma: Città Nuova.

Chapter 16
Guidobaldo del Monte e Francesco Maria II della Rovere duca di Urbino

Gianluca Montinaro

Collocare la figura di Guidobaldo del Monte all'interno della corte roveresca significa innanzitutto condurre un'indagine in assenza. I dati che avrebbero dovuto essere presi in considerazione infatti scarseggiano, e non a caso. Ciò significa che le conclusioni di questa relazione saranno basate non solo su ciò che è giunto fino ai nostri giorni, ma anche su ciò che—significativamente—non ci è pervenuto, o forse non è mai esistito. Innanzitutto è bene accennare alla famiglia del Monte, citando una fonte storica:

> Guido Ubaldo del Monte nacque da una delle più cospicue famiglie d'Italia; anzi, secondo il Baldi (*Cronaca de' matematici*, 1596 poi pubblicata a Urbino, Monticelli, 1707), convien credere che ella discenda dalla regia casa di Borbone: e l'Atanagi dà i più minuti dettagli sulla di lei origine particolare (*Lettere*, I, Venezia, 1582: nella dedicatoria del 22 marzo, scritta a Raniero del Monte). Dice egli infatti che Raniero del Monte, figlio di Girolamo e d'Ippolita Sforza de'conti di Santa Fiora, vedova di Federico Farnese, fu il primo che da Perugia si recasse in Pesaro; che fu padre del gran Guidobaldo e del cardinale Francesco Maria; che nel 1542 dal duca Guidobaldo II di Urbino fu investito di Monte Baroccio, e nel 1547 fu fatto nobile romano, e capo delle lancie spezzate del duca medesimo, e generale delle battaglie nel suo Stato, non che governatore della città di Pesaro. Egli, secondo l'Almerici (spogli conservati presso la Biblioteca Oliveriana Pesaro (BOP), squarcio C.B. carte 2–8) (che si riporta a un foglio di memorie dei signori del Monte), nell'anno 1544 ebbe dal duca per isposa una figlia del cavalier Pianoso, che poi nel 1545 agli 11 di gennaio gli partorì Guidobaldo, ed altri figli in appresso.[1]

Da ciò si possono trarre alcuni iniziali indizi utili per avviare l'indagine:

[1] Cfr. (Mamiani 1821, 3); contributo già pubblicato a puntate nel "Giornale Arcadico" di Roma nei fascicoli XXVII, XXVIII e XXIX del medesimo anno.

1. La famiglia del Monte, benché a tutt'oggi non siano provati i legami con i Borboni di Navarra (nonostante il nome Bourbon del Monte), si stabilisce nel ducato urbinate venendo, fin dall'inizio, riconosciuta per chiarezza e nobiltà.
2. Grazie a ciò il rappresentante della famiglia, Raniero del Monte, acquisisce titoli (oltre quello di marchese di Monte Santa Maria, presso Perugia, che già possedeva) e potere (investitura della contea di Mombaroccio, nel 1543, generalato delle truppe ducali, governatorato di Pesaro. A ciò dobbiamo aggiungere, pur se il Mamiani non lo ricorda, l'importante ruolo svolto da Raniero alla corte papale, come ambasciatore dello Stato urbinate).
3. La parentela, pur se acquisita, con la famiglia Farnese.

Quest'ultimo elemento non deve essere trascurato. In seguito alla morte della prima moglie, Giulia Varano (il 18 febbraio 1547), il duca Guidobaldo II della Rovere aveva sposato, il 26 gennaio 1548, Vittoria Farnese, figlia di Pier Luigi Farnese, signore di Piacenza nonché rampollo di papa Paolo III Farnese (pontefice dal 1534 al 1549). È quindi legittimo supporre che la parentela sia verso il papa che verso il duca, abbia ulteriormente giovato l'ascesa della famiglia del Monte.

L'ambasciatore veneziano Lazzaro Mocenigo, in una relazione al Senato veneto (1570) scrive, a proposito della corte del duca d'Urbino e dei personaggi più in vista di quella:

> Vive Sua Eccellenza [Guidobaldo II] assai allegramente, dandosi piacere con li suoi gentiluomini; e quelli che sono continuamente appresso alla sua persona, e pochissima parte del giorno si allontanano da lui, sono prima il signor Pietro Bonarelli, il quale è sopramodo caro al signor duca et ha il titolo di Capitano generale della cavalleria ed è quello che può ogni cosa presso Sua Eccellenza con qualche risentimento del principe [Francesco Maria]; poi il conte Fabio Landriano, che ha una nipote del duca per moglie, il signor Rinieri del Monte, che è suo Capitano generale della fanteria, e il conte di Montebello [Giovanni Stati], che ha per moglie una sorella del conte Pietro suddetto (Mocenigo 1858).

Raniero del Monte è tanto nelle grazie del duca che addirittura lo rappresenta nelle trattative con gli urbinati rivoltosi, nell'inverno 1572–1573.

Primogenito di quindici figli, nato nel 1545, Guidobaldo del Monte (così battezzato in onore del duca d'Urbino) è uno dei giovani rampolli di primo piano della corte ducale. Sappiamo che intraprende i suoi primi studi con Francesco Maria della Rovere (di quattro anni più piccolo) e con Torquato Tasso[2] (di un

[2] A testimonianza del loro saldo legame rimangono anche numerose lettere indirizzate da Tasso a del Monte.

anno più grande). Come molti giovani nobili del ducato frequenta nel 1564 l'Università a Padova e quindi, tornato a Pesaro segue, insieme a Bernardino Baldi (1553–1617), gli insegnamenti di Federico Commandino (1509–1575) che lo avviano definitivamente alla matematica (tale scienza era comunque già praticata in famiglia: Raniero aveva infatti scritto due libri di architettura militare). Arriveranno poi per Guidobaldo i primi trattati e quindi l'amicizia con Francesco Barozzi e col giovane Galileo. Ma queste sono notizie note. Vediamo invece di esaminare il Guidobaldo del Monte "uomo di corte" e i suoi rapporti coi della Rovere.

Innanzitutto, a rinsaldare ulteriormente i legami con la casata ducale, giunge nel 1559, all'età di quattordici anni, il matrimonio con Felice della Rovere, figlia naturale del duca Guidobaldo II e sorellastra di Francesco Maria. Il matrimonio è felice. Nascono diciassette figli: undici maschi e sei femmine. È lo stesso duca a caldeggiare l'unione, per dimostrare la simpatia che nutre nei confronti di Raniero e del giovane Guidobaldo, compagno di giochi di Francesco Maria. Guidobaldo vive quindi gli anni più belli e spensierati della corte urbinate, gli stessi descritti da Ludovico Agostini ne *Le giornate soriane* (Agostini 2004). Ha contatti con i favoriti del duca, Antonio Stati e Pietro Bonarelli (tanto odiati da Francesco Maria) ma, per via dell'età, rimane sempre un sodale dell'erede al trono.

Nel 1565 (mentre Francesco Maria è in Spagna, all'Escorial) fa la sua prima esperienza d'arme. Sotto il comando di Aurelio Fregoso (signore di Sant'Agata Feltria, valoroso capitano d'arme nonché padre di Ottaviano, che aveva sposato una sorella di Guidobaldo) si reca in Ungheria. Lì il Fregoso, alla testa di tremila fanti, sotto il vessillo imperiale, fronteggia con successo l'esercito turco. Guidobaldo torna quindi a Pesaro e, ulteriore conferma della benevolenza ducale, viene scelto, anche a causa dell'esperienza maturata in Ungheria, per accompagnare in guerra, nel 1571, Francesco Maria il quale si era unito alla lega contro i Turchi. Guidobaldo si deve però fermare a Messina, causa una grave malattia (probabilmente i primi sintomi della sciatica che lo avrebbe poi afflitto per tutta la vita). Non prende quindi parte alla battaglia navale che si tiene nelle acque dell'arcipelago delle isole Curzolari (di fronte alle coste dell'ex Jugoslavia) dove invece si distingue Francesco Maria.

A corte, Guidobaldo del Monte è fra i giovani gentiluomini più importanti e più in vista. Lo testimonia anche la sua presenza nelle già citate *Giornate soriane* di Ludovico Agostini. Quest'opera, scritta fra il 1572 e il 1574 (e pubblicata solo nel 2004), ritrae—in modo serenamente festoso—la corte di Guidobaldo II, il cui regno ormai stava giungendo al termine (il duca muore infatti nel 1574). Con il pretesto di narrare dieci (undici con l'explicit) giornate di agostana villeggiatura trascorse nelle ville del colle San Bartolo, Ludovico Agostini descrive un mondo, quello cortigiano, ormai avviato al tramonto. Luigi Firpo definisce quest'opera: "estremo tentativo della fantasia di ricreare un mondo scomparso (quello dei raffinati ozi signorili) e di perpetuare un'effimera stagione amorosa dileguata per sempre" (Firpo 1957, 69). A godere degli svaghi della corte ci sono anche i nostri Raniero e Guidobaldo del Monte. Nella quinta giornata, durante una gita in barca, sotto le rupi del San Bartolo, fa una comparsa una "fusta che di corsari pareva." In realtà, una volta avvicinatasi alla barca dell'autore e dei suoi amici, si rivela un'imbarcazione che conduce "gli osservatissimi cavalieri Guidobaldo del Monte, Fabio Albergati, l'ambasciatore Traiano Mario, il segretario Giulio Veterani" (Agostini 2004, 130–131) i quali avevano deciso di pranzare in mare. Da questo passo possiamo dedurre il grado molto elevato di frequentazioni che Guidobaldo del Monte teneva: Fabio Albergati il noto scrittore politico nonché ambasciatore, Traiano Mario l'ambasciatore urbinate in Spagna, Giulio Veterani l'onnipotente segretario ducale.

Nel 1574 Francesco Maria succede al padre sul trono del ducato. Di temperamento molto diverso dal padre inaugura un nuovo corso, instaurando un forte regime di "austerity." Nel ducato di Urbino il Rinascimento cede il passo alla Controriforma. Il legame fra Guidobaldo del Monte e il nuovo duca non muta, muta piuttosto il clima generale. Gli aspetti mondani, lentamente ma inesorabilmente, cedono il passo a quelli più "spirituali." La vita continua, con lo stesso agio, ma una larvata tristezza (che proviene dal duca stesso) smorza le gioie della vita. Probabilmente anche l'infelice matrimonio di Francesco Maria con Lucrezia d'Este (avvenuto nel 1570) e la mancanza del sospirato erede, contribuiscono alla malinconia generale.

La vita di del Monte procede senza apparenti fatti eclatanti. Dall'epistolario apprendiamo che, mentre si trova a Urbino, ove è al seguito del duca (che è solito passare l'estate nella frescura degli Appennini), viene a sapere della morte del Commandino. Scrive, il 4 settembre 1575, all'amico Giulio Giordani:

> Il nostro Comandino, come dovete haver inteso, è morto, con mio gran dispiacere. E di gratia dite a messer Cesare Benedetti che non li rispondo perché il duca non è qui, ché è andato a Fossombrone da venere in qua, et va a caccia a Monte Falcino et non si sà quand'egli torni.[3]

Intanto prosegue negli studi e nel 1577 stampa a Pesaro presso Girolamo Concordia (futuro editore di tutte le sue opere) il *Mechanicorum liber*. La sua fama di matematico, come le sue pubblicazioni, comincia a crescere. Nel 1582 Francesco Sansovino lo dichiara "uomo eccellentissimo nelle lettere e singolar matematico." L'amico d'infanzia Torquato Tasso gli dedica il sonetto *Misurator de'celesti corpi*. Per incarico del duca, del Monte cura l'edizione postuma della traduzione e del commento del Commandino alle *Collezioni matematiche* del

[3] Del Monte, *Lettere*, ms. 426, II, XVI, c. 147r, Biblioteca Oliveriana di Pesaro (BOP).

matematico alessandrino Pappo (opera stampata a Pesaro nel 1588). Viene anche investito, da parte del duca, di numerosi incarichi "pratici" ma di non molto conto, quasi svilenti per un matematico ormai di così chiara fama. Nell'estate del 1587, per esempio, intercorre una fittissima corrispondenza fra del Monte e Giulio Cesare Mamiani, conte di Sant'Angelo in Lizzola, gentiluomo di camera e favorito di Francesco Maria, avente come oggetto il restauro di una peschiera e la sistemazione di una fontana che, prima "non gettava bene, perché a gran fatica l'acqua srappava fuori."[4] Guidobaldo non è nuovo a tali compiti "idraulici." Già in una lettera indirizzata al conte Giovanni Tomasi (30 settembre 1583) racconta come la stessa "mattina siamo stati al Barchetto, il cavalier Arduino et maestro Lazaro et io et ci siamo risoluti che l'acqua potrà andar sul terraglio vicin alla porta del ponte che se ben il terraglio è più alto che non è la fonte di Mirafiori, nondimeno l'acqua ci andarà."[5]

Intanto il più giovane fratello Francesco Maria, che aveva abbracciato la carriera ecclesiastica, entra al servizio del cardinale Ferdinando de' Medici, figlio del granduca Cosimo I. Diviene il più stretto collaboratore del cardinale. Grazie alla sua protezione la carriera di Francesco Maria subisce un'accelerazione quando, morto il granduca Francesco de' Medici (1587), è chiamato alla successione il fratello, appunto il cardinale Ferdinando. Costretto a rinunciare al cappello Ferdinando impone a Sisto V la nomina di Francesco Maria a cardinale diacono di Santa Maria in Domnica (14 dicembre 1588). Il nuovo granduca, in segno di somma stima, gli dona anche un palazzo e due abbazie nelle diocesi di Carrara e di Padova. Per benevolenza (e forse anche per reale bisogno) nomina Guidobaldo del Monte Visitatore Generale, chiedendogli d'ispezionare città e fortezze del granducato per verificarne lo stato, la funzionalità e la razionalità.[6] Nel 1590 Guidobaldo è addirittura invitato, con tutti i riguardi e gli onori, alle nozze del granduca con Cristina di Lorena.

L'ascesa alla porpora cardinalizia del fratello consolida il potere della famiglia del Monte. Ma Guidobaldo sembra defilarsi sempre più, anche a causa della sciatica che lo affligge. Rimane un personaggio di primo piano alla corte del duca di Urbino, ma non si abbassa al ruolo di burocrate (i cortigiani di Guidobaldo II avevano ceduto il posto ai funzionari di Francesco Maria). E difatti, a differenza di molti fra i nobili urbinati, non riveste ruoli politici, né rappresenta mai il duca in alcuna trattativa di Stato né ricopre mai la veste di ambasciatore. Se da parte

[4] Mamiani, *Lettere*, ms. 211, II, c. 132v, BOP.

[5] Del Monte, *Lettere*, ms. 426, c. 152r, BOP, cfr. (Gamba 1995, 104).

[6] "Fu poi nell'anno 1588 fatto visitator generale di tutte le città e fortezze del gran duca di Toscana, e visitolle difatti in compagnia di Donato Dell'Antella, commissario generale in quello Stato: lo che prova che a questo ramo di matematiche applicazioni pure attendeva, sebbene non abbiamo di lui opera alcuna che cel dimostri" (Mamiani 1821, 5). Si veda a questo proposito la relazione di Francesco Menchetti.

di del Monte c'è forse disinteresse per queste cariche, c'è sicuramente diffidenza del duca nei confronti dell'amico d'infanzia. Probabilmente il duca d'Urbino inizia a guardare con sospetto Guidobaldo a causa dei servigi resi alla famiglia Medici.[7] Nelle epistole di del Monte conservate presso la Biblioteca Oliveriana di Pesaro (BOP) e indirizzate agli amici Giulio e Pier Matteo Giordani non si trovano mai accenni politici. Si parla di libri introvabili, di testi scritti e spediti, di viaggi alle terme di Padova (sui colli Euganei) e a Pozzuoli (per curare la sciatica), di Euclide, di malattie (il "mal di schiena," come lo definisce il nostro). E significativamente sono lettere quasi tutte indirizzate dal feudo di Mombaroccio, quasi Guidobaldo si fosse "autoesiliato." Lentamente i rapporti con il duca si sfilacciano. Oltre all'incarico toscano, anche caratteri e interessi diversi li portano progressivamente ad allontanarsi. Ad aumentare le divergenze si aggiungono poi due questioni: il mancato pagamento di una parte della dote della moglie Felice della Rovere (di cui ora del Monte aveva bisogno), e il matrimonio fra una figlia di Guidobaldo e un figlio di Giulio Cesare Mamiani.

Significativamente le lettere che trattano questi argomenti non sono indirizzate al duca ma al suo segretario e, in una di esse, Guidobaldo annuncia di aver coinvolto il fratello cardinale per meglio gestire i rapporti con Francesco Maria II. Scrive da Mombaroccio all'onnipotente Giulio Veterani, il 20 settembre 1589, riportando che, dopo numerosi solleciti dello stesso Guidobaldo, finalmente "dai ministri di Sua Altezza si sono fatti li conti degli usufrutti della dote." Narra poi come un suo uomo, dopo aver controllato tutti i libri della cancelleria ducale:

> Per parecchi giorni e settimane, formò un conto di sua mano il quale mi son risoluto di mandarlo in mano di Vostra Signoria acciò veda la verità. [...] Sua Altezza restava debitore all'ingrosso di circa 2500 ducati e volse vedere i libri di casa mia nei quali trovò molte partite che non erano nei libri della camera. [...] Hora due cose mi fanno essere molesto a Vostra Signoria: l'una il contratto accluso che, come prudentissimo, so che considera che la cosa non sta bene così. L'altra è che io ho da dare al capitano Federico Bianchino, per conto di quella possessione che io comprai da lui, e mi trovo molto intrigato perché speravo di poterlo satisfare intieramente con li dinari della dote che mi erano stati promessi tutti, hora vorrei potermi valer almanco di questi.[8]

[7] Ricordiamo infatti che non correva buon sangue fra i della Rovere e i Medici, soprattutto in seguito alla ribellione d'Urbino (1572) quando gli insorti si rivolsero, per chiedere aiuto contro le truppe del duca Guidobaldo, ai fiorentini, ricevendone una risposta positiva. Solo l'inverno e la rapida conclusione della rivolta non diedero tempo all'esercito mediceo di muoversi, evitando quindi lo scontro aperto fra i due stati.

[8] Del Monte, *Lettere*, ms. 426, c. 161 r–v, BOP.

Due anni dopo (1591) abbiamo altre lettere, sempre a Giulio Veterani, sulla questione del matrimonio. In una di esse del Monte dichiara essere sua "principale intentione di ricuperar la gratia di Sua Altezza" (che ormai la distanza e gli eventi avevano raffreddato). Per recuperarla Guidobaldo organizza un matrimonio con un figlio di Giulio Cesare Mamiani (al cui cognome Francesca Maria II aveva consentito di aggiungere, sommo segno di distinzione per il suo preferito, il predicato "della Rovere"). Ma il duca pare non essere d'accordo. Il 21 ottobre 1591 del Monte scrive:

> Mi è doluto assai che questa venuta giù del signor Federigo questa seconda volta sia stata così male intesa che se noi havessimo saputo che S.A.S. ne havesse potuto havere tanto disgusto la pò esser certa che non l'haveressimo mandato, essendo nostra principale intentione di ricuperar la gratia di Sua Altezza e di far questo parentado per amor del conte Giulio Cesare con ogni satisfattione. Io ne ho scritto al signor cardinale dal Monte et datogli conto di quanto è passato, et anche dettagli l'opinion nostra che saria di sapere se'l serenissimo signor duca si contenta che con sua buona gratia si faccia questo parentado.[9]

Ci vuole l'intervento del fratello cardinale per sbloccare la situazione. E l'otto febbraio 1592, in tono esultante, a matrimonio stabilito, scrive sempre a Veterani:

> La lettera di Vostra Signoria, insieme a tante altre cose dette a tutti noi, ci ha apportato quel contento che ella si pò immaginare, vedendo tanta buona volontà che mostra Sua Altezza Serenissima verso di noi et il desiderio che tiene che si esequisca questo parentado. La creda che siamo arivati hormai a quel segno tanto da noi desiderato della gratia di Sua Altezza.[10]

Illusione. Il rapporto fra Francesco Maria II e Guidobaldo del Monte è ormai irrecuperabile. Del Monte ha di fronte a sé non più il compagno di giochi e di studi d'infanzia ma un uomo introverso, cupo e solitario su cui pesano un matrimonio infelice e la mancanza di eredi. Il primo maggio 1599, dopo la morte di Lucrezia d'Este, in occasione delle nozze di Francesco Maria con la cugina Livia della Rovere (1586–1641), figlia di Ippolito della Rovere (1554–1621), marchese di San Lorenzo in Campo, grande amico di del Monte, scrive direttamente al duca una lettera di felicitazioni. Il tono è dimesso e di circostanza:

---

[9] Del Monte, *Lettere*, ms. 426, c. 167 r, BOP.
[10] Del Monte, *Lettere*, ms. 426, c. 173 r, BOP.

> L'humil divotione che porto all'Altezza Vostra Serenissima mi fa pigliare ardire di dimostrarle l'infinito contento che io, e tutta la casa mia, habbiamo preso della risolutione che l'è piaciuto fare nel pigliar moglie; massime in persona che a noi altri sudditi suoi fedelissimi dà tanta speranza di successione. La supplico con ogni riverenza credere che fra tanti suoi servitori e vassalli, sia io uno che l'habbia sentita con infinito contento, come farò sempre di ogni suo bene. Così piaccia alla maestà di Dio dargliene quanto desidera, et supplicandola d'accettar la divotion mia in sua gratia, le faccio humilissima riverenza.[11]

La tempesta si addensa su Guidobaldo del Monte. Nonostante il matrimonio l'erede ducale tarda ad arrivare. Strane voci girano sul marchese Ippolito e su suo fratello Giuliano, abate di San Lorenzo in Campo. Entrambi figli naturali del gaudente cardinale Giulio della Rovere (1562–1621) fratello di Guidobaldo II e zio di Francesco Maria, hanno ereditato dal padre il carattere scanzonato e il comportamento lussurioso, l'amore per il fasto nonché tanta ambizione, solo in parte soddisfatta (il religioso Francesco Maria li vedeva probabilmente con un certo fastidio, sia per il loro stile di vita, che per le origini illegittime). Per non spaccare la famiglia (ridotta ormai a pochi membri), Francesco Maria aveva nominato Ippolito, nel 1587, Governatore generale dello Stato. Il marchese, reso ancora più forte dalla posizione assunta a corte (suocero del duca) e dalla mancanza di un erede diretto (e forse nutrendo ambizioni alla successione) assume, insieme al fratello, comportamenti irriguardosi nei confronti del duca. Soprattutto in assenza di Francesco Maria, sempre più ritirato a Casteldurante, Ippolito, Giuliano e il loro "entourage"—di cui comunque del Monte fa parte, non solo per comuni frequentazioni e amicizia personale ma anche per aver sposato lui pure (come detto) una bastarda di casa della Rovere, Felice—la fanno da padroni a Pesaro, dando ordini e disposizioni.

Monta la voce di una congiura. Si mormora che Ippolito voglia destituire il duca e prenderne il posto, con l'aiuto di Giuliano e Guidobaldo. La reazione di Francesco Maria II non si fa attendere. A Ippolito, Giuliano e Guidobaldo del Monte, accusati di complottare contro il duca, è vietato risiedere a Pesaro in assenza di Francesco Maria II.

Ludovico Agostini, il 17 maggio 1602, con il suo solito stile ampolloso, scrive all'amico del Monte:

> Io all'udir della nuova risolutione fatta dal signor Duca Serenissimo che né Vostra Signoria né il signor Marchese Della Rovere suo

[11] Del Monte, *Lettere*, ms. 426, c. 179r, BOP.

> suocero né monsignor Giuliano suo fratello dovessero stare in Pesaro mentre Sua Altezza sta per la state ad Urbino et a Casteldurante, stupido come gli Hebrei nel deserto, più volte dissi: *manaum, manaum quid est hoc? Quid est hoc?* Alla fine appigliatomi al consiglio di Paolo che disse: *non plus sapere que oportet sapere*, quietatomi sotto la inescrutabile volontà et scienza del Signore, orando, esclamai: *Domine libera trium corda a tormentis pressura sicut liberasti Sidrac, Misac et Absnago de camino ignis ardentis et cum non sit malum in civitate quod non faciat Dominus*. Alzando però la testa all'altura infinità di Sua Divina Maestà, *a quo omnia et sine quo nihil*, potrà con Davit dire: *in Domino in id ipsum vivam et requiescam*.

Continua ricordando come Guidobaldo "è bene avvezzo a questa mano riversa di fortuna, e che vive sicuro che sì come questa nebbia all'improviso et inespettata è venuta, così riscaldato il sole della molta pietà et prudenza di così giusto, pietoso et humano principe, conforme alla sua serenità, farà risolvere il tutto in fumo et in odorifero profumo della sua benignissima gratia." Termina la lettera con un'immagine (quella della gaudente Soria, ove aveva ambientato le *Giornate soriane*) che fornisce tutta la differenza fra i tempi di Guidobaldo II e quelli di Francesco Maria:

> Di Soria hoggi infelice et abandonata poiché i palaci et le delicie di Vostra Signoria et del signor Marchese che a questo mio heremo facevano principalissimo decoro di vicinità, con la solitudine di questa mia disutile vecchiaia, restano in deserto d'ogni anima vivente.[12]

Scrive anche ai due fratelli della Rovere, pure loro cari amici, augurando che tutta la questione sia presto ridimensionata. Grazie all'intervento di Clemente VIII arriva, per i tre reprobi, il perdono ducale, alla condizione però di risiedere stabilmente ognuno nei propri feudi. Del Monte si chiude quindi, in esilio, a Mombaroccio. In una lettera dal destinatario sconosciuto (datata primo gennaio 1604), scritta in risposta a un biglietto di condoglianze ricevuto in occasione della morte in guerra, a Bruges, del figlio Carlo, un Guidobaldo solo e affranto scrive: "Ci consola che ha finito le sue disgratie honoratamente, lassandoci a noi ad aspettarne delle altre, poiché così vuole la nostra mala fortuna. Sia pur fatto quello che vuole Iddio."[13] Sempre più afflitto dalla sciatica (per la quale assume quotidianamente forti dosi di acqua termale che il fratello cardinale gli invia da Roma),[14] la vita di del Monte—come quella di tutti i sudditi del ducato—viene scossa nel

[12]Cfr. (Montinaro 2006, 220–221).

[13]Del Monte, *Lettere*, ms. 426, c. 183r, BOP.

[14]Altre notizie sulla vita e sulla malattia di Guidobaldo del Monte possono essere ricavate dai mss. 455, II, 495 (c. 293); 758 conservati presso la Biblioteca Oliveriana, Pesaro (BOP). Alcune lettere

1605 dalla notizia della gravidanza della duchessa. Scrive, il 6 dicembre, in occasione dell'apparizione di una supernova (evento dal quale prende poi corpo un'ampia discussione di carattere astronomico), all'amico Pier Matteo Giordani: "Noi poi ci rallegriamo della gravidanza della Signora Duchessa," e aggiunge che vorrebbe mandare una rappresentanza del suo feudo "a rallegrar con il signor duca serenissimo, se li feudi facessero ancora loro quest'offitio, se paresse bene lo farei io ancora ma però che siano altri che il signor Marchese della Rovere. Io prego Vostra Signoria a volerne intendere destramente qualche cosa."[15]

Con la nascita del sospirato erede Federico Ubaldo, il duca, colmo di gioia, revoca l'esilio ai tre "congiurati." È ancora il vecchio amico Ludovico Agostini a capire per primo l'intenzione del duca e quindi a rallegrarsi con Guidobaldo:

> Le mando l'inchiusa mia sestina partecipando Vostra Signoria di quanto ai nostri Serenissimi ho mandato, pigliando insieme sigurtà d'inviarle le giordane constitutioni perché ne sian fatti partecipi gli amici et parenti nostri et loro.[16]

Ma ormai la vita di Guidobaldo volge al termine. Nel suo laconico, e per certi versi inquietante, diario Francesco Maria II scrive, il giorno 6 gennaio 1607: "Morì il signor Guidobaldo Del Monte, conte di Montebaroccio." Niente di più per il suo amico d'infanzia. Viene sepolto nella chiesa di Santa Chiara di Pesaro, con un'ampia iscrizione presto rovinata dal tempo. È ancora Agostini, il 10 gennaio, a scrivere una accorata lettera di condoglianze alla moglie Felice:

> Se mai cavaliere illustre degno di emulationi, philosopho di theorica e di pratica degno di imittatione et famoso scientiato, sprezzatore per Christo di mondana ambitione, degno di esempio, infin qua non ho io saputo vedere un altro Guidobaldo Del Monte, meritissimo consorte di Vostra Signoria Illustrissima. [...] Signora mia, quanto Vostra Signoria più che gli altri ha, ne' penetrali di casa, et di cuori, conosciuto i christiani progressi del signore Guido Ubaldo et la speranza et fede che di lui ha sempre havuta dalla sua salute, tanto più che gl'altri, la ragione di consolar se stessi et noi altri di haverlo, per qualche tempo di qua, smarito per andare, quando piacerà al Signore a ritrovare in cielo et a goderlo per sempre fuori d'ogni stento di questa valle di lagrime dove con esso lui per infiniti casi di avversa fortuna, ha

si trovano, sempre in BOP, nel ms. 426, II, XVI; il fasc. XV contiene invece alcune epistole del cardinale Francesco Maria, mentre il ms. 1538 conserva quattro lettere di Torquato Tasso indirizzate a Guidobaldo del Monte.

[15] Del Monte, *Lettere*, c. 184 r.

[16] Cfr. (Montinaro 2006, 235). Ugualmente Agostini invia una lettera di felicitazioni al marchese Ippolito, p. 234.

> provato quanto siano quasi insopportabili le croci di questo mondo (Montinaro 2006, 254–255).

Il nome del Monte torna di nuovo nel diario del duca. Quasi a risarcimento del comportamento tenuto verso Guidobaldo, il 25 giugno 1608, Francesco Maria II eleva a marchesato la contea di Mombaroccio. Scrive: "Feci marchese di Montebaroccio il signor Francesco Maria del Monte, che prima n'era conte." I del Monte, come i della Rovere, si avviano ormai all'estinzione. Nel 1614 muore il figlio prediletto di Guidobaldo, Orazio (che dal padre aveva ereditato la passione per la matematica). Nel 1627 muore il cardinale Francesco Maria. Il duca, ormai vecchio e solo, gli sopravvive solo quattro anni. Nel 1631 i cardinali legati prendono possesso dell'ormai ex ducato di Urbino.

Riferimenti

Agostini, L. (2004). *Le giornate soriane*. Ed. by L. Salvetti Firpo. Roma: Salerno editrice.

Firpo, L. (1957). *Lo stato ideale della Controriforma*. Bari: Laterza.

Gamba, E. (1995). Guidobaldo dal Monte tecnologo. *Pesaro città e contà. Rivista della Società pesarese di studi storici* 5:99–106.

Mamiani, G. (1821). *Su la vita e gli scritti di Guidobaldo del Monte, matematico del XVI secolo*. Senigallia: Domenico Lazzarini.

Mocenigo, L. (1858). Relazione al Senato Veneto (1570). In: *Le relazioni degli ambasciatori veneti al Senato durante il secolo decimosesto*. II, V. Firenze: Società Editrice Fiorentina.

Montinaro, G. (2006). *L'epistolario di Ludovico Agostini*. Firenze: Olschki.

Chapter 17
I del Monte feudatari di Monte Baroccio
Riccardo Paolo Uguccioni

Un ramo della famiglia dei marchesi del Monte Santa Maria, stirpe dal grande blasone,[1] regge la comunità di Monte Baroccio fra il 1543 e il 1644. La dinastia mombarocciana si articola in quattro signori: Ranieri I, Guidobaldo, Francesco Maria e Ranieri II.

Ranieri I (1516–1587), figlio di Girolamo 'e marchionibus Montis', entra undicenne come paggio al seguito di Francesco Maria I della Rovere, duca di Urbino. A corte gioca benissimo le sue carte, visto che il 5 settembre 1543 il duca Guidubaldo II lo investe conte di Monte Baroccio e nel 1544 gli dà in moglie Minerva Pianosi, "forse la più bella dote allora disponibile a Pesaro."[2] È lui a costruire il palazzo di Monte Baroccio e, nel 1564, anche quello di Pesaro, imponente e incompiuto, forse disegnato da Filippo Terzi.[3] Ranieri viene accolto nel Consiglio di Pesaro, sovrintende alle fortezze dello Stato, è colonnello "di tutte le milizie;" la sua vita familiare è arricchita da una vasta figliolanza: sei figli e nove figlie, una delle quali—Ippolita—sposa Prospero Oliva conte di Piagnano, un'altra—Virginia—è moglie di Ottaviano Fregoso signore di Sant'Agata.

L'infeudamento di Mombaroccio—questa denominazione contratta diviene comune dagli inizi del XIX secolo—consente però una lettura che va al di là dell'emolumento a un cortigiano accorto, fedele e di rango. Nell'età moderna Mombaroccio è infatti impegnata in una strenua lotta contro la città egemone, Pesaro, la quale con l'espansione delle proprietà cittadine viene prosciugando—per così dire —le risorse del contado.

Il meccanismo fiscale, diffuso anche altrove, è noto: i cittadini che acquistano terreni nel contado vengono allibrati nel catasto di città egemone, e sono quindi esentati dalla imposizione della comunità locale (in alcuni casi, di fatto,

[1] A.M. Zucchi Travagli, *Rerum Feretranarum scriptores*, ms. nell'Archivio comunale di Pennabilli, t. VIII, cc. 41–49 e 51–99; Biblioteca Oliveriana di Pesaro, ms. 455 (*Spogli Almerici*), t. II, cc. 293–295; v. anche i mss. 758 e 1009. Inoltre (Litta 1842-1843, tav. VII–XII; Barberi 1943a, 56–66, 135–136 e tav. XII); vedi anche (Barberi 1943b).

[2] Il censo di *ricognizione* è di due capponi all'anno: cfr. (Allegretti 1992, 56–64), al quale siamo debitori per queste brevi note.

[3] Cfr. (Purcaro 2007, 80–83).

anche da quelle camerali).[4] Il risultato è che i ‘pesi’ si accumulano sulla residua proprietà “comitatina,” in un crescendo che espone la possidenza locale—e quindi il bilancio della comunità del contado—a ulteriori significative erosioni; effetti non dissimili producono con le loro immunità, frattanto, le vaste proprietà ecclesiastiche. Il risultato è che il bilancio di qualche comunità soggetta del contado di Pesaro, a un certo punto, comincia a escludere il medico, poi il chirurgo, poi il maestro, poi il postiglione o perfino il “moderatore dell’orologio,” cioè finisce per non comprendere più nessuno di quei servizi che costituivano il confine tra una comunità “civile” e una “miserabile.”[5] Questo processo di espropriazione non sarà fermato che sul cadere del XVIII secolo: in linea di principio con la catastazione Piana, di fatto con le formidabili innovazioni napoleoniche,[6] i cui effetti permangono, seppur in modo contraddittorio, anche dopo la restaurazione.

Mombaroccio, invece, è un caso a parte. In età moderna appartiene al contado di Pesaro: come gli altri castelli dipende dal comune cittadino e deve quindi attenersi agli statuti della città, dalla quale riceve un ufficiale con il titolo di capitano.[7] Ma, sebbene nell’interpretazione cittadina sia invalsa—come si è detto—la pratica di esentare dai pesi locali i beni che i pesaresi acquistano nel contado, Mombaroccio si oppone risolutamente a quella pretesa e ottiene con un breve pontificio, fin dall’inizio del XVI secolo, il riconoscimento che “qui possident in curte dicti eorum castri teneantur ad onera una cum iis.”[8] La richiesta dell’integrale osservanza del breve pontificio, bollata come “insolentia” nella città egemone, è un pessimo esempio di testarda ostinazione per le altre comunità del contado. È dunque possibile che “con la creazione della contea il duca intendesse troncare una conflittualità non sopita” (Allegretti 1992, 17) e anzi continuamente rinascente.

Mombaroccio viene concessa a Ranieri del Monte come entità indivisa e sovrana (“unum corpus [...] merum et mixtum imperium, gladii potestas, omnimoda iurisdictio ac plena superioritas”), e tra le facoltà accordate c’è il diritto di allibrare e collettare indipendentemente da Pesaro. Si è ragionevolmente sostenuto che la politica delle subinfeudazioni fosse utile ai duchi d’Urbino per contrapporre una nobiltà di corte alle aristocrazie cittadine (Zenobi 1983, 58–62); resta il fatto che nel caso specifico la creazione del feudo delmontiano rafforza Mombaroccio nel suo volersi staccare dalla città e frappone una barriera potente, e

[4] Cfr. (Allegretti 1992, 14–15; Paci 1966, 38 ss.). Il fenomeno è particolarmente marcato nel fanese, enclave ecclesiastica nel ducato roveresco (Girelli 1970-1971).

[5] È il caso del comune di Pozzo, si veda (Allegretti 1990).

[6] Cfr. (Uguccioni 2007).

[7] *Statuta civitatis Pisauri noviter impressa*, Pesaro, per Baldassarem quondam Francisci de Carthularis de Perusio 1531, I, II r 119; (Vaccai 1928, 226 ss.); sui rapporti tra Pesaro e il contado cfr. (Scorza 1980, 20–21; Carile 1989, 3–54 e in part. 9–11).

[8] Archivio storico comunale di Pesaro, *Consigli*, 1519–1536, c. 48r, 13 marzo 1521.

pressoché definitiva, contro Pesaro e le sue pretese. Solidamente trincerata sui privilegi concessi al feudatario, anche al momento della devoluzione "per linea finita"—nel 1644—, Mombaroccio chiederà testardamente e formalmente otterrà (ma non senza resistenze) che il feudo ritorni nella legazione di Urbino "nel stato che si trova al presente."

Guidobaldo (1545–1607), primogenito di Ranieri e secondo conte di Mombaroccio, è l'uomo "eccellentissimo nelle lettere e singolar matematico" di cui ha trattato il convegno. Qui ricordiamo appena che è amico di Torquato Tasso, il quale gli indirizza il sonetto *Misurator de'gran corpi celesti*, e che è amico, condiscepolo e cognato di Francesco Maria II della Rovere: sposa infatti Felice della Rovere, figlia naturale di Guidobaldo II, da cui ha undici maschi e sei femmine. Trova il tempo, nonostante ciò, di studiare a Padova a e Urbino; ventunenne combatte il Turco in Ungheria sotto Aurelio Fregoso e solo per momentanea infermità non partecipa alla battaglia di Lepanto. Suo merito è inoltre di aver riconosciuto il genio di Galileo Galilei, con cui ha una fitta corrispondenza: grazie alla sua protezione nel 1589 il giovane Galileo ottiene una cattedra all'università di Pisa e poi, nel 1592, in quella di Padova; senza il del Monte la carriera di Galileo sarebbe stata certamente diversa, senz'altro più difficile. Dei suoi scritti, il *Mechanicorum Liber* (Pesaro 1577), fondamentale trattato di meccanica, e i *Perspectivae libri sex* (Pesaro 1600), prima trattazione matematicamente rigorosa della materia prospettica, si è detto ampiamente altrove. Ricordiamo invece che un fratello di Guidobaldo è il celebre cardinal Francesco Maria del Monte protettore del Caravaggio, più tardi decano del Sacro collegio. Nella vita di Guidobaldo c'è però un'ombra: a un certo punto i suoi rapporti con il duca Francesco Maria II—signore e cognato—si guastano, pare per ragioni politiche,[9] e a Guidobaldo viene comandato di risiedere nel feudo, non più a corte; e a Mombaroccio trascorre quasi costantemente gli ultimi anni di vita (Gambioli 1916-1917). Non si segnalano sue gravi interferenze con la vita della comunità, che però alla sua morte risulta appesantita da spese straordinarie per opere pubbliche e da esenzioni e privilegi concessi dal signore e "patrone" forse con troppa larghezza.

Francesco Maria (1563–1619), primogenito di Guidobaldo, succede al padre nel 1607 e nel 1608 è creato marchese di Mombaroccio. E' forse il del Monte più amato dalla comunità: non largheggia in esenzioni e anzi ricontrolla—diciamo così—i privilegi concessi dal padre eliminandone gli abusi, sicché il consiglio di Mombaroccio apprezza assai "la buona mente che ha verso i sudditi." Molto stimato dal duca di Urbino, viene impiegato in diverse ambascerie;[10] sposa Ip-

[9] Una lettera di Ludovico Agostini del 17 maggio 1602 allude alla "nuova risolutione fatta dal signor duca serenissimo" per allontanare da Pesaro il del Monte e altri cfr. (Montinaro 2006, 220–221).

[10] *Breve ristretto dell'origine e delle memorie più insigni della casa dell'illustrissimi signori marchesi del Monte Santa Maria*, in A.M. Zucchi Travagli, *Rerum Feretranarum scriptores*, cit., t. VIII, c. 79.

polita Savelli, di nobiltà romana ricca di blasone ma carica di debiti (Delumeau 1979, 123 ss), e per l'occasione il consiglio gli dona una carrozza che costa 600 scudi. Appoggia il risanamento dei debiti della comunità con interventi efficaci, dall'aumento delle imposizioni dirette e indirette alla riduzione delle mercedi dei salariati ("del che la maggior parte di loro si contentano") e alla migliore allocazione dei censi.[11] Compare poco in opere di genealogisti e memorialisti: il suo buon governo attende ancora studi approfonditi.

Quando muore, nel 1619, Francesco Maria lascia un unico figlio maschio, che sarà l'ultimo signore—scapestrato e infelice—della dinastia. Su Ranieri II (1610–1644) non c'è letteratura, ma la documentazione—studiata da Girolamo Allegretti e tratta soprattutto dai consigli comunitari—consente di abbozzarne i tratti esistenziali e gli aspetti del governo. Nello stesso anno 1619 in cui diventa vedova, la madre affida il marchesino al vecchio duca Francesco Maria II della Rovere perché ne faccia "gagliarda correzione," come a lei non è riuscito nonostante "ricordi e correzione e botte:" sicché, confessa, "sarò necessitata contro mia voglia abbandonarlo."[12] E infatti lo abbandona e torna a Roma. Il governo del feudo passa al vecchio cardinal del Monte, decano del Sacro collegio, che cerca di emendare il discolo. Ma nel 1626 anche l'anziano cardinale muore e il ragazzo, sedicenne, rimane arbitro della propria e altrui rovina, circondato da personaggi ambigui. La comunità non è remissiva davanti al giovane marchese sregolato:

> La comunità per suo bisogno è stata pronta obbligarsi, ma perché sa che sua eccellenza illustrissima ha entrata sufficiente a poter vivere onoratamente quando si vogli moderare nelle spese, che perciò si supplica sua eccellenza illustrissima a voler levare dattorno tante fiabe inutili e ridursi a vita più modesta.[13]

Nel 1629 Ranieri II sposa Ginevra Leonardi, dei conti di Montelabbate, dalla quale avrò un figlio che gli premuore, ma la sua vita continua come prima in un vortice di bizze, angherie e debiti, e ci scappa anche una gigantesca rissa nel castello di Saltara dove perde la vita il conte Giulio Cesare Mamiani. La svolta, drammatica e oscura, è però del novembre 1636, quando Ranieri II viene carcerato dal S. Uffizio a Fossombrone e poi è trasferito a Roma. Nel 1643 l'Inquisizione lo manda in domicilio coatto a Amelia e qui l'ultimo del Monte di Mombaroccio muore il 18 giugno 1644. Non essendoci eredi maschi, il feudo torna alla Santa sede. Anche durante la detenzione Ranieri II aveva continuato a esercitare i diritti

[11] Archivio storico comunale di Mombaroccio, *Consigli*, dall'11 maggio 1615 al 13 gennaio 1618, *passim*.
[12] Biblioteca Oliveriana di Pesaro, ms. 386, c. 142.
[13] Archivio storico comunale di Mombaroccio, *Consigli*, 1° marzo 1628.

feudali, a ordinare, esigere e pretendere, non senza successo (Allegretti 1992, 60–61).

Abbiamo parlato di feudi, di signori, di diritti feudali. Il feudalesimo, o meglio la rifeudalizzazione, dopo la lunga deplorazione di stampo prima illuminista e poi—almeno in Italia—risorgimentale, oggi è vista con rinnovato interesse: le interpretazioni si fanno sfumate e diventano più problematiche, gli studi acquistano in complessità e in ricchezza (Sella 2000, ed. orig. London 1997, 76–82). Per il territorio dell'antico Stato di Urbino si è lontani da un ragionamento d'insieme, che sulla base di nuove ricerche si interroghi, ad esempio, sull'economia dei feudi, sul rapporto sempre complesso tra il feudatario e la comunità (quando c'è)[14], sul senso stesso dei suffeudi sia da parte del duca che li concede, sia da parte del signore che ne viene investito. Qui si deve inoltre distinguere il grande feudo di origine vicariale dai successivi suffeudi: i del Monte di Mombaroccio, appunto, ma anche i Paciotti che reggono Montefabbri dal 1578 al 1744[15] o i Leonardi di Montelabbate, che tengono quella contea fino al 1804 (R. Rossi 2003), mentre un altro discorso ancora andrebbe fatto per i cosiddetti feudi paralleli, o se si vuole originari, quelli cioè che preesistono ai della Rovere, e agli stessi Montefeltro, come gli Oliva a Piagnano e Piandimeleto (Allegretti 1987) e i Di Carpegna a Carpegna e Scavolino.[16] In questa provvisoria griglia, dove collocare i Brancaleoni di Piobbico,[17] i Mamiani di Sant'Angelo in Lizzola,[18] i Castiglioni di Isola del Piano,[19] i Mauruzi della Stacciola,[20] ecc.?

Mombaroccio e i del Monte propongono, come si è visto, la particolarissima questione della segregazione dalla città egemone, ma il tema specifico del loro governo, e più in generale della feudalità in Età moderna, meriterebbe di essere discusso e approfondito ben al di là di queste brevi note. Il convegno per il IV centenario della morte di Guidobaldo del Monte è stato centrato sul grandissimo ruolo che lo stesso ha svolto sul versante della matematica e della scienza, ruolo che oggi viene finalmente e meritatamente indagato; ma altri aspetti attendono di essere studiati, nei quali i del Monte entrano di nuovo come conti e come marchesi di Monte Baroccio. Per questi motivi la Società pesarese di studi storici annuncia la sua intenzione di indire un convegno sulla feudalità, che sarà occasione per trattare dei del Monte e di più vaste problematiche connesse ai feudi e ai suffeudi

[14]Per es. la contea di Colstrigone, feudo degli Antonelli di Senigallia, nel 1797 "è composta di due sole famiglie:" Archivio di stato di Pesaro, *Legazione*, Repubblica francese, b. 1, 1797.
[15]Cfr. (Ragni 1992; Ragni 2001; Moretti 1999; Coppa 2002).
[16]Cfr. (Lombardi 1977).
[17]Cfr. (Bischi 1983; E. Rossi 1988, anast., ed. orig. 1945).
[18]Manca una monografia sul feudo dei Mamiani: vedi (Brancati and Benelli 2004, 28–30 ss.).
[19]Cfr. (Tomassini and Pistilli 1993; Savelli 2003).
[20]Cfr. (Verna 1885) e (Cionchi 1996).

esistenti nello Stato di Urbino, che solo il motoproprio di Pio VII del 6 luglio 1816 formalmente abrogherà.

Riferimenti

Allegretti, G. (1987). Piandimeleto. Una enclave romagnola nell'Urbinate dalla crisi cinquecentesca al Risorgimento. *Quaderni di proposte e ricerche* 2.
— (1990). Il contado ai cittadini. In: *Pozzo, comune soppresso*. Pesaro: Comune di Pesaro.
— (1992). *Monte Baroccio 1513-1799*. Mombaroccio: Comune di Mombaroccio.
Barberi, U. (1943a). *I marchesi Bourbon del Monte Santa Maria di Petrella e di Sorbello. Notizie storico-genealogiche sulla casa fino ai nostri giorni*. Città di Castello: Tipografia unione arti grafiche.
— (1943b). *L' archivio gentilizio dei Marchesi Bourbon del Monte di Sorbello a Perugia*. Città di Castello: Tipografia unione arti grafiche.
Bischi, D. (1983). La vita nel Palazzo Brancaleoni. Inventari inediti 1729-1735. In: *I Brancaleoni e Piobbico*. Comune di Piobbico: Cassa di Risparmio di Pesaro.
Brancati, A. and G. Benelli (2004). *Divina italia, Terenzio Mamiani della Rovere cattolico liberale e il risorgimento federalista*. Ancona: Il lavoro editoriale.
Carile, A. (1989). Pesaro nel medioevo. Problemi di storia delle istituzioni e della società. In: *Pesaro tra Medioevo e Rinascimento*. Venezia: Marsilio.
Cionchi, G. (1996). *Stacciola ieri e oggi*. Rimini: Ghigi.
Coppa, A. (2002). *Francesco Paciotto architetto militare*. Milano: UNICOPLI.
Delumeau, J. (1979). *Vita economica e sociale di Roma nel Cinquecento*. Firenze: Sansoni.
Gambioli, D. (1916-1917). La controversia sull'esilio di Guidubaldo del Monte, l'illustre matematico marchigiano. *Atti e memorie della Deputazione di storia patria per le Marche* s. III, v. VII:265–270.
Girelli, A. M. (1970-1971). I catasti di Fano dal XIII al XVIII secolo. In: *Estratto da: Annali, Università degli studi di Padova, Facoltà di economia e commercio*. 1 5.
Litta, P. (1842-1843). *Famiglie celebri d'Italia. Marchesi del Monte Santa Maria detti Bourbon del Monte*. Milano: Giulio Ferrario.
Lombardi, F. V. (1977). *La contea di Carpegna*. Urbania: Stab. Tip. Bramante.
Montinaro, G. (2006). *L'epistolario di Ludovico Agostini*. Firenze: Olschki.
Moretti, L. (1999). *Montefabbri, Colbordolo*. Comune di Colbordolo.
Paci, R. (1966). *L'ascesa della borghesia nella legazione di Urbino dalle riforme alla restaurazione*. Milano: A. Giuffrè.

Purcaro, M. (2007). Il palazzo del Monte-Gozze-Baldassini. In: *La raccolta di antichità Baldassini-Castelli. Itinerari tra Roma, Terni e Pesaro*. Ed. by M. Elisa Micheli. Pisa: ETS.

Ragni, N. (1992). L'attività europea di Francesco Paciotti architetto militare della scuola roveresca. *Pesaro città e contà* 2:57–72.

— (2001). *Francesco Paciotti, architetto urbinate (1521-1591)*. Urbino: Accademia Raffaello.

Rossi, E. (1988). *Memorie civili di Casteldurante-Urbania*. Urbania: Stibu.

Rossi, R. (2003). Francesco A. Leonardi della Rovere ultimo conte di Montelabbate (1804). *Pesaro città e contà* 17:139–148.

Savelli, R. (2003). *Isola del Piano dalla preistoria al feudo dei Castiglioni*. Calcinelli di Saltara: Ideostampa.

Scorza, G. G. (1980). *Pesaro fine secolo XVI. Clemente VIII e Francesco Maria II della Rovere*. Venezia: Marsilio.

Sella, D. (2000). *L'Italia del Seicento*. Roma-Bari: Laterza.

Tomassini, L. and P. Pistilli (1993). *Isola del Piano dal feudo alla democrazia*. Roma: Nuova editrice Spada.

Uguccioni, R. P. (2007). Pesaro 1808. L'annessione al regno italico. *Pesaro Città e Contà*(25):119–133.

Vaccai, G. (1928). *La vita municipale sotto i Malatesta, gli Sforza e i Della Rovere signori di Pesaro*. Pesaro: G. Federici.

Verna, A. (1885). *Cenni storici della nobil famiglia Mauruzi conti della Stacciola compilati da D. Antonio Verna bibliotecario della comunale di Faenza*. Faenza: Tipografia sociale.

Zenobi, B. G. (1983). *Tarda feudalità e reclutamento delle élites nello Stato pontificio*. Pesaro: AGE.

Books by Guidobaldo del Monte

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis Mechanicorum liber, Pesaro, apud Hieronymum Concordiam, 1577.

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis Planisphaeriorum universalium Theorica, Pesaro, apud Hieronymum Concordiam, 1579. It. transl., *La teoria sui planisferi universali di Guidobaldo Del Monte*, eds. R. Sinisgalli, S. Vastola, Firenze, Cadmo, 1994.

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis de Ecclesiastici Calendarii restitutione opusculum, Pesaro, apud Hieronymum Concordiam, 1580.

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis Planisphaeriorum universalium Theorica, Köln, apud Maternum Cholinum, 1581.

Le Mechaniche dell'illustriss. Sig. Guido Ubaldo de' Marchesi Del Monte tradotte in volgare dal Sig. Filippo Pigafetta, Venezia, Francesco Franceschi 1581. Partial Engl. translation in S. Drake, I. E. Drabkin, *Mechanics in Sixteenth-Century Italy*, Madison, University of Wisconsin Press, 1969.

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis in duos Archimedis Aequeponderantium libros paraphrasis scholijs illustrata, Pesaro, apud Hieronymum Concordiam, 1588. German translation of the preface in M. Frank, *Das erste Buch der "In Archimedis aequeponderantium libros Paraphrasis" von Guidobaldo dal Monte*, Master thesis, Supervisors M. Folkerts, J. Teichmann, Ludwig-Maximilians-Universität, München, 2007.

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis Perspectivae libri sex, Pesaro, apud Hieronymum Concordiam, 1600. It. transl. *I sei libri della prospettiva di Guidobaldo dei Marchesi del Monte*, ed. R. Sinisgalli, Roma, L'Erma di Bretschneider, 1984.

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis Problematum astronomicorum libri septem, Venezia, apud Bernardum Iuntam, Io. Baptistam Ciottum, 1609.

Guidi Ubaldi e' Marchionibus Montis de Cochlea libri quatuor, Venezia, apud Evangelistam Deuchinum, 1615.

Guidi Ubaldi e' Marchionibus Montis Mecanicorum liber, Venezia, apud Evangelistam Deuchinum, 1615.

Le Mechaniche dell'illustriss. Sig. Guido Ubaldo De' Marchesi del Monte tradotte in volgare dal Sig. Filippo Pigafetta, Venezia, Evangelista Deuchino, 1615.

Mechanischer Kunst-Kammer Erster Theil (...) Guidi Ubaldi e' Marchionibus Montis Italiänisch und Lateinischem Exemplar in unsere Mutter-Sprach deutlich übersetzt (...) durch Danielem Mögling (...), Frankfurt am Main, Caspar Röteln/ Matthäus Merian, 1629.

Bibliography on Guidobaldo del Monte

Enrico Gamba and Martin Frank

Amici, N. (1906). Matematici, fisici, astronomi delle Marche, *Studi marchigiani*, II, pp. 160–171.

Andersen, K. (2007). *The Geometry of an Art. The History of the Mathematical Theory of Perspective from Alberti to Monge*, New York, Springer, pp. 237–265.

Andersen, K. and E. Gamba (2008). Guidobaldo del Monte. In: *New Dictionary of Scientific Biography*, Detroit, T. Gale, vol. 5, pp. 174–178.

Arrighi, G. (1965). Un grande scienziato italiano: Guidobaldo dal Monte in alcune carte inedite della biblioteca Oliveriana di Pesaro, *Atti dell'Accademia Lucchese di scienze, lettere ed arte*, XII 2, pp. 181–199.

Baldi, B. (1707). *Cronica de'matematici overo epitome dell'istoria delle vite loro*, Urbino, A. A. Monticelli, pp. 145–147.

Barbèri, U. (1943). *I Marchesi Bourbon del Monte S. Maria di Petrella e di Sorbello, notizie storico–genealogiche sulla casa fino ai giorni nostri*, Città di Castello, Tip. Unione arti grafiche.

Barbèri, U. (1943). *L'Archivio gentilizio dei Marchesi Bourbon del Monte di Sorbello a Perugia*, Città di Castello, Tip. Unione arti grafiche.

Becchi, A. (2006). Eggs, Turnips and Chains: Rhetoric and Rhetoricians of Architecture. In: *Practice and Science in Early Modern Italian Building. Towards an Epistemic History of Architecture*, ed. H. Schlimme, Milano, Electa, pp. 97–112.

Bertoloni Meli, D. (1992). Guidobaldo Dal Monte and the Archimedean Revival, *Nuncius. Annali di storia della scienza*, VII 1, pp. 3–34.

Bertoloni Meli, D. (2006). *Thinking with Objects. The Transformations of Mechanics in the Seventeenth Century*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press.

Biagoli, M. (1989). The Social Status of the Italian Mathematicians, 1450–1600, *History of Science*, XXVII, pp. 41–95.

Boffitto, G. (1929). *Gli strumenti della scienza e la scienza degli strumenti*, Firenze, Seeber, pp. 81–85. Anast. reprint Roma, Multigrafica, 1982.

Camerota, F. (2003). Two New Attributions: a Refractive Dial of Guidobaldo del Monte and the "Roverino Compass" of Fabrizio Mordente, *Nuncius. Annali di storia della scienza*, XVIII 1, pp. 25–37.

Camerota, F. (2004). Renaissance Descriptive Geometry: The Codification of Drawing Methods. In: *Picturing machines, 1400–1700*, ed. W. Lefèvre, Cambridge, Mass., MIT Press, pp. 175–208.

Castagne, N. (2012). *Les mots des sciences: la prose scientifique en langue vulgaire dans l'Italie du XVIe siècle*, Ph. D. thesis, Université Paris 8 and Università di Torino.

Caverni, R. (1895). *Storia del metodo sperimentale in Italia*, 6 vols., Firenze, G. Crivelli, vol. IV.

Drake, S. and I. E. Drabkin (1969). *Mechanics in Sixteenth–Century Italy. Selections from Tartaglia, Benedetti, Guido Ubaldo and Galileo*, Madison, University of Wisconsin Press.

Duhem, P. (1905). *Les Origines de la Statique*, 2 vols., Paris, A. Hermann, vol. I, pp. 209–226.

Favaro, A. (1899–1900). Due lettere inedite di Guidobaldo del Monte a Giacomo Contarini, *Atti del Reale Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti*, LIX 2, pp. 303–312.

Favaro, A. (1907–1908). Per la storia del compasso di proporzione, *Atti del Reale Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti*, LXVII 2, pp. 721–741.

Favaro, A. (1914). Galileo e Guidobaldo, *Serie ventesima di scampoli galileiani raccolti da Antonio Favaro*, Padova, 30, pp. 54–61. Anast. reprint 1992, Lint, vol. II, pp. 716–723.

Field, J. V. (1997). *The Invention of Infinity. Mathematics and Art in the Renaissance*, Oxford, Oxford University Press, pp. 171–177.

Frank, M. (2007). *Das erste Buch der "In duos Archimedis aequeponderantium libros Paraphrasis" von Guidobaldo dal Monte*, Master thesis, Supervisors M. Folkerts, J. Teichmann, Ludwig–Maximilians–Universität, München.

Frank, M. (2011–12). *Guidobaldo dal Monte's Mechanics in Context. Research on the Connections between his Mechanical Work and his Biography and Environment*, Ph. D. thesis, Supervisors P.D. Napolitani, C. Maccagni, J. Renn, Università di Pisa and Max–Planck–Institut für Wissenschaftsgeschichte, 700 pp.

Frank, M. (2012). *A Proposal for a New Dating of Guidobaldo dal Monte's Meditatiunculae*, Edizioni Dipartimento di Matematica, Pisa, University of Pisa.

Galilei, G. (1890–1907). *Le Opere*, national edition, ed. A. Favaro, Firenze, Barbera, correspondences vol. X, pp. 21–100, 166–167, 371–372.

Galluzzi, P. (1979). *Momento. Studi galileiani*, Roma, Edizioni dell'Ateneo – Bizzarri.

Gamba, E. (1975). L'attività scientifica nel ducato di Urbino durante i secoli XVI e XVII, *Studi urbinati di storia, filosofia e letteratura*, XLIX B 2, pp. 127–178.

Gamba, E. (1992). "La mano ministra dell'intelletto." Orologi e matematica a Pesaro nel secondo Cinquecento, *Pesaro città e contà. Rivista della Società pesarese di studi storici*, II, pp. 81–86.

Gamba, E. (1994). Documenti di Muzio Oddi per la storia del compasso di riduzione e di proporzione, *Physis*, XXXI 3, pp. 799–815.

Gamba, E. (1995). Guidobaldo dal Monte tecnologo, *Pesaro città e contà. Rivista della Società pesarese di studi storici*, V, pp. 99–106.

Gamba, E. (1998). Guidobaldo dal Monte matematico e ingegnere. In: *Giambattista Aleotti e gli ingegneri del Rinascimento*, Atti del convegno, Ferrara 1996, ed. A. Fiocca, Firenze, Olschki, pp. 341–351.

Gamba, E. (2001). Le scienze fisiche e matematiche dal Quattrocento al Seicento. In: *Pesaro nell'età dei Della Rovere*, 3 vols., Venezia, Marsilio, vol. II, pp. 87–103.

Gamba, E. (2002). La scuola matematica urbinate nell'età roveresca. In: *I Della Rovere nell'Italia delle corti. Atti del convegno Urbania, 1999*, 4 vols., eds. B. Cleri, S. Eiche, J. E. Law, F. Paoli, Urbino, QuattroVenti, vol. III, pp. 81–90.

Gamba, E. and V. Montebelli (1988). *Le scienze a Urbino nel tardo Rinascimento*, Urbino, QuattroVenti.

Gamba, E. and M. Morini (2000). I quattrocento anni della 'Prospettiva' di Guidobaldo Dal Monte, *Pesaro città e contà. Rivista della Società pesarese di studi storici*, XI, pp. 73–78.

Gambioli, D. (1910). I nostri matematici del secolo XVI e XVIII, *Picenum*, VII 1, pp. 182–183.

Gambioli, D. (1916). Una importante pubblicazione nazionale su un nostro grande matematico, *Picenum*, XIII, fasc. I–II, p. 56.

Gambioli, D. (1916–17). La controversia sull'esilio di Guidobaldo Del Monte, l'illustre matematico marchigiano, *Atti e memorie della Deputazione di storia patria per le Marche*, III 2, pp. 266–270.

Gambioli, D. and G. Loria (1932). *Guidobaldo del Monte*, Roma, Signorelli.

Gatto, R. (2002). Tra la scienza dei pesi e la statica. Le mecaniche di Galileo Galilei. In: G. Galilei, *Le mecaniche. Edizione critica e saggio introduttivo di Romano Gatto*, Firenze, Olschki, pp. IX–CXLIV.

Giusti, E. (1993). *Euclides reformatus. La teoria delle proporzioni nella scuola galileiana*, Torino, Bollati Boringhieri; publication (pp. 179–275) of two unedited manuscripts of Guidobaldo, *In quintum Euclidis Elementorum librum commentarius* and *De proportione composita opusculum*.

Gnudi, M.T. and E. S. Ferguson (eds.) (1976). *The Various and Ingenious Machines of Agostino Ramelli*, New York, Dover, pp. 15, 590–594.

Grossi, G. (1893). *Cenno biografico sul marchese Guidubaldo Del Monte*, Monografie storiche e scientifiche—R. Istituto tecnico 'Bramante,' Pesaro, pp. CXIX–CXXCVI.

Guasti, C. (ed.) (1852). *Lettere di Torquato Tasso*, Firenze, Felice Le Monnier, vol. I, pp. 250–254, two letters of Tasso to Guidobaldo.

Guipaud, C. (1998). De la représentation de la sphère céleste à la perspective dans l'oeuvre de Guidobaldo del Monte, p. 223–232. In: *La prospettiva: fondamenti teorici ed esperienze figurative dall'antichità al mondo moderno* (*Atti del Convegno Internazionale di Studi, Istituto Svizzero di Roma, Roma 11–14 settembre 1995*), ed. R. Sinisgalli, Firenze, Cadmo.

Henninger–Voss, M. (2000). Working Machines and Noble Mechanics: Guidobaldo del Monte and the Translation of Knowledge, *Isis*, XCI 2, pp. 233–259.

Ingegno, A. (1971). Bourbon Del Monte Guidubaldo. In: *Dizionario biografico degli italiani*, Roma, Istituto della Enciclopedia italiana, vol. XIII, pp. 524–526.

Keller, A. G. (1976). Mathematicians, Mechanics and Experimental Machines in Northern Italy in the Sixteenth Century. In: *The Emergence of Science in Western Europe*, ed. M.P. Crosland, New York, Science History Publications.

Klemm, F. (1954). *Technik. Geschichte ihrer Probleme*, Freiburg–München, Karl Alber.

Kemp, M. (1990). *The Science of Art: Optical Themes in Western Art from Brunelleschi to Seurat*, New Haven and London, Yale University Press.

Laird, W. R. (1986). The Scope of Renaissance Mechanics, *Osiris*, II 2, pp. 43–68.

Laird, W. R. (2000). *The Unfinished Mechanics of Giuseppe Moletti*, Toronto, Toronto University Press.

Laird, W. R. and S. Roux (eds.) (2008). *Mechanics and Natural Philosophy before the Scientific Revolution*, Dordrecht, Springer.

Libri, G. (1838–41). *Histoire des sciences mathématiques en Italie*, 4 vols., Paris, J. Renouard, vol. IV, pp. 79–84, 369–398.

Litta, P. (1843). Marchesi del Monte Santa Maria dell'Umbria, detti Bourbon del Monte. In: *Famiglie celebri d'Italia*, Vol. 2, Issue 55, Milano, P. E. Giusti.

Mamiani, G. C. (1828). Elogio storico di Guido Ubaldo Del Monte letto all'Accademia pesarese. In: *Elogi storici di Federico Commandino, G. Ubaldo Del Monte, Giulio Carlo Fagnani letti all'Accademia pesarese dal conte Giuseppe Mamiani*, Pesaro, Nobili, pp. 43–87.

Manni, P. (1980). La terminologia della meccanica applicata nel Cinquecento e nei primi del Seicento, *Accademia della Crusca, Studi di lessicografia italiana*, II, pp. 139–213.

Marchi, P. (1998). *L'invenzione del punto di fuga nell'opera prospettica di Guidobaldo dal Monte*, Master–thesis, Supervisor P. D. Napolitani, Pisa, Università di Pisa.

Marr, A. (2011). *Between Raphael and Galileo: Mutio Oddi and the Mathematical Culture of Late Renaissance Italy*, Chicago, University of Chicago Press.

Menchetti, F. (2009). Dalle delizie dei Della Rovere agli Orti Giuli di Pesaro. In: *Giardini storici. A 25 anni dalle Carte di Firenze: esperienze e prospettive*, 2 vols., eds. L.S. Pelissetti, L. Scazzosi, Firenze, Olschki, pp. 427–441.

Menchetti, F. and L. S. Pelissetti (2012). Guidobaldo del Monte as Architect and the Construction of Santa Maria degli Angeli in Pesaro. In: R. Carvais, A. Guillerme, V. Nègre, J. Sakarovitch (eds.), *Nuts and Bolts of Construction History. Culture, Technology and Society*, Paris, Picard, vol. 1, pp. 621–628.

Micheli, G. (1992). Guidobaldo del Monte e la meccanica. In: *La matematizzazione dell'universo. Momenti della cultura matematica tra '500 e '600*, ed. L. Conti, Edizioni Porziuncola, Assisi, pp. 87–104. Reprinted in G. Micheli, *Le origini del concetto di macchina*, Firenze, Olschki, 1995, pp. 153–167.

Montinaro, G. (2006). *L'epistolario di Ludovico Agostini. Riforma e utopia*, Firenze, Olschki.

Montucla, J. F. (1799–1802). *Histoire des mathématiques*, Paris, H. Agasse, 4 vols., vol. I, pp. 691–92, 709–10, vol. II, pp 179–80.

Napolitani, P. D. (1984). Sull'opuscolo 'De proportione composita' di Guidobaldo dal Monte. In: *Atti del convegno "La storia delle matematiche in Italia,"* eds. O. Montaldo, L. Grugnetti, Bologna, Monograf, pp. 431–439.

Napolitani, P. D. (2007). Il Rinascimento italiano. In: *La matematica. Luoghi e tempi*, eds. C. Bartocci, P. Odifreddi, Torino, Einaudi, pp. 237–281.

Naylor, R. (1974). The Evolution of an Experiment: Guidobaldo del Monte and Galileo's Discorsi demonstration of Parabolis Trajectory, *Physis*, XVI 4, pp. 323–346.

Neville, P. (1986). The Printer's Copy of Commandino's Translation of Archimedes, 1558, *Nuncius. Annali di storia della scienza*, I, fasc. 2, pp. 7–12.

Palmieri, P. (2008). Breaking the Circle: the Emergence of Archimedean Mechanics in the Late Renaissance, *Archive for History of Exact Sciences*, LXII 3, pp. 301–346.

Passalaqua, L. (1994). Le "Collezioni" di Pappo: polemiche editoriali e circolazione di manoscritti nella corrispondenza di Francesco Barozzi con il duca di Urbino, *Bollettino di Storia delle scienze matematiche*, XIV 1, pp. 91–156.

Popplow, M. (2004). Why Draw Pictures of Machines? The Social Contexts of Early Modern Machine Drawings. In: *Picturing machines, 1400–1700*, ed. W. Lefèvre, Cambridge, Mass. MIT Press, pp. 17–48.

Renn, J., P. Damerow and S. Rieger (2001). Hunting the White Elephant: When and How Did Galileo Discover the Law of Fall? In: *Galileo in Context*, ed. J. Renn, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 29–152.

Renn, J. and P. Damerow (2010). *Guidobaldo del Monte's Mechanicorum liber*, Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge, Berlin, Edition Open Access.

Renn, J. and P. Damerow (2012). *The Equilibrium Controversy. Guidobaldo del Monte's Critical Notes on the Mechanics of Jordanus and Benedetti and their Historical and Conceptual Background.* With an Appendix by Oliver Hahn and Timo Wolff on the Analysis of Iron Gall Inks. Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge, Berlin, Edition Open Access.

Riccardi, P. (1985). *Biblioteca matematica italiana dalla origine della stampa ai primi anni del secolo XIX*, 2 vols., Modena, Tipografia dell'erede Soliani, 1870–1893, pp. 178–180. Anast. reprint Bologna, A. Forni.

Rose, P. L. (1968). The Origins of the Proportional Compass from Mordente to Galileo, *Physis*, X 1, pp. 53–69.

Rose, P. L. (1970). Renaissance Italian Methods of Drawing the Ellipse and the Related Curves, *Physis*, XII 4, pp. 371–404.

Rose, P. L. (1971). Materials for a Scientific Biography of Guidobaldo Del Monte, *Actes du XIIe Congrès International d'Histoire des Sciences, Paris 1968*, Paris, 1968–1972, XII, A. Blanchard, pp. 69–72.

Rose, P. L. (1975). *The Italian Renaissance of Mathematics*, Genèvre, Droz, pp. 222–242.

Rose, P. L. (1976). Jacomo Contarini (1536–1595) a Venetian Patron and Collector of Mathematical Instruments and Books, *Physis*, XVIII 2, pp. 117–130.

Rose, P. L. (1970–76). Monte, Guidobaldo, Marchese del. In: *Dictionary of Scientific Biography*, New York, C. Scribner's Sons, vol. 9, pp. 487–489.

Rose, P. L. and S. Drake (1971). The Pseudo–Aristotelian Questions of Mechanics in Renaissance Culture, *Studies in the Renaissance*, XVIII, pp. 65–104.

Rosen, E. (1968). The Invention of the Reduction Compass, *Physis*, X 4, pp. 306–308.

Santini, G. (1779). *Picenorum mathematicorum elogia*, Macerata, B. Capitani, pp. 89–91.

Sinisgalli, R. (1978). *Per la storia della prospettiva 1405–1605. Il contributo di Simon Stevin allo sviluppo scientifico della prospettiva artificiale ed i suoi precedenti storici*, Roma, L'Erma di Bretschneider, pp. 103–110.

Sinisgalli, R. (1982). La geometria della scena in Guidobaldo. In: *Atti del I Convegno dell'Unione Italiana del Disegno*, Università di Roma "La Sapienza," Dipartimento RADAAR.

Sinisgalli, R. (1984). *I sei libri della prospettiva di Guidobaldo dei marchesi del Monte dal latino tradotti, interpretati e commentati*, Roma, L'Erma di Bretschneider.

Sinisgalli, R. (1987). Guidobaldo dei Marchesi del Monte et Monge. In: *La place de J.H. Lambert (1728–1777) dans l'histoire de la perspective*, ed. R. Laurent, Paris, Cedic/Nathan.

Sinisgalli, R. (2001). *Verso una storia organica della prospettiva*, Roma, Kappa, pp. 101–104, 111–115, 126–128, 242–249, 279–292.

Sinisgalli, R. and S. Vastola (1994). *La teoria sui planisferi universali di Guidobaldo Del Monte*, Firenze, Cadmo.

Tassora, R. (2001). *Le Meditatiunculae de rebus mathematicis di Guidobaldo del Monte*, Ph. D. thesis, Supervisor P.D. Napolitani, Bari, Università di Bari.

Trabucco, O. (2010). *"L'opere stupende dell'arti più ingegnose." La recezione degli* Pneumatiká *di Erone Alessandrino nella cultura italiana del Cinquecento*, Firenze, Olschki.

Trebbi, D., S. Bruscia, A. Nori and G. Calegari (2004). *Palazzo Gradari, già Palazzo Mamiani Della Rovere, indagini e scoperte dopo il restauro*, Pesaro, Comune di Pesaro, pp. 63–73, 113–124, 163–164.

Ulivi, E. (1987). Le fonti di Bonaventura Cavalieri: la costruzione delle coniche fino allo "Specchio ustorio" (1632), *Bollettino di Storia delle Scienze matematiche*, VII 1, pp. 133–140.

Van Dyck, M. (2006). Gravitating towards Stability: Guidobaldo's Aristotelian–Archimedean Synthesis, *History of Science*, XLIV, pp. 375–407.

Van Dyck, M. (2006). *An Archeology of Galileo's Science of Motion*, Ph. D. thesis, Centrum voor Wetenschapsgeschiedenis, Ghent, Universiteit Ghent.

Van Dyck, M. (2009). On the Epistemological Foundations of the Law of the Lever, *Studies in the History and Philosophy of Science*, XL, pp. 315–318.

Ventrice, P. (1997). *Prometeo e Orfeo. Matematizzazione delle arti e cultura tecnologica tra storia e progetto*, Milano, Angeli.

Wazbinski, Z. (1994). *Il cardinale Francesco Maria del Monte (1549–1626)*, 2 vols., Firenze, Olschki.

Manuscripts and Digital Library
Antonio Becchi

Manuscripts

A comprehensive catalogue of Guidobaldo del Monte's manuscripts is still unavailable. Within the framework of the European Cultural Heritage Online (ECHO) project, the Max Planck Institute for the History of Science (Berlin), in collaboration with the Biblioteca Oliveriana of Pesaro, launched a campaign for the digitization of the manuscripts of Guidobaldo del Monte that are kept at the Biblioteca Oliveriana. The digitization was kindly carried out by Martin Frank and these writings are now available on the ECHO website (http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de) under the heading *Guidobaldo del Monte Archival Collection of the Biblioteca Oliveriana*. A copy of Giovanni Battista Benedetti's *Diversarum speculationum mathematicarum, et physicarum liber* (1585), which includes handwritten margin notes by Guidobaldo del Monte, can also be found on the ECHO website. Jürgen Renn and Peter Damerow recently published a book in which they discuss these notes: *The Equilibrium Controversy. Guidobaldo del Monte's Critical Notes on the Mechanics of Jordanus and Benedetti and their Historical and Conceptual Background* (Edition Open Access 2012). Numerous letters, either written by Guidobaldo del Monte or addressed to him, have been transcribed and edited by Enrico Gamba on the basis of both published and unpublished sources. These are available online under *Biblioteca e Archivio Digitale del Centro Internazionale di Studi Urbino e la Prospettiva* (http://urbinoelaprospettiva.uniurb.it). The manuscript *Meditatiunculae Guidi Ubaldi ex Marchionibus Montis Sanctae Mariae De Rebus Mathematicis*, kept at the Bibliothèque Nationale de France (Paris, Ms Lat. 10246), has been digitized and can be found on the library website (*Gallica* section: http://gallica.bnf.fr). The transcription of the *Meditatiunculae* is available on the ECHO website, together with Roberta Tassora's doctoral thesis entitled *Le Meditatiunculae de rebus mathematicis di Guidobaldo del Monte* (University of Bari, 2001). Another manuscript by Federico Commandino and Guidobaldo del Monte, which was described by Pamela Neville (Neville 1986) and is currently not available in digital format online, can be found in Los Angeles at the Bound Manuscripts Collection (Collection number 170/624), Department of Special Collections, Charles E. Young Research Library, University of California. Other important manuscripts are kept at the Biblioteca Ambrosiana of Milan and the Biblioteca Comunale of Treviso.

Digital Library

The printed works of Guidobaldo del Monte are freely available in digital format (as high-resolution color images). A list of the websites where these works can be consulted is provided below.

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis Mechanicorum Liber, Pesaro, apud Hieronymum Concordiam 1577.
Max Planck Institute for the History of Science (Berlin)
http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis Planisphaeriorum universalium Theorica, Pesaro, apud Hieronymum Concordiam 1579.
Max Planck Institute for the History of Science (Berlin)
http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de;
Universidad de Granada
http://adrastea.ugr.es/;
E-rara.ch (Zürich)
http://www.e-rara.ch/

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis de Ecclesiastici Calendarii restitutione opusculum, Pesaro, apud Hieronymum Concordiam 1580.
Max Planck Institute for the History of Science (Berlin)
http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis Planisphaeriorum universalium Theorica, Köln, apud Maternum Cholinum 1581.
Münchener Digitalisierungszentrum (München)
http://www.digitale-sammlungen.de

Le Mechaniche dell'illustriss. Sig. Guido Ubaldo de' Marchesi Del Monte tradotte in volgare dal Sig. Filippo Pigafetta, Venezia, Francesco Franceschi 1581.
Max Planck Institute for the History of Science (Berlin)
http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis in duos Archimedis Aequeponderantium libros paraphrasis scholijs illustrata, Pesaro, apud Hieronymum Concordiam 1588.
Max Planck Institute for the History of Science (Berlin)
http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis Perspectivae libri sex, Pesaro, apud Hieronymum Concordiam 1600.
Max Planck Institute for the History of Science (Berlin)
http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de;
Biblioteca della Facoltà di Architettura, Università di Roma La Sapienza
http://151.100.144.6/

Guidiubaldi e' Marchionibus Montis Problematum astronomicorum libri septem, Venezia, apud Bernardum Iuntam, Io. Baptistam Ciottum 1609.
Wolfenbütteler Digitale Bibliothek (Wolfenbüttel)
http://www.hab.de/bibliothek/wdb/index.htm

Guidi Ubaldi e' Marchionibus Montis Mecanicorum Liber, Venezia, apud Evangelistam Deuchinum 1615.
Wolfenbütteler Digitale Bibliothek (Wolfenbüttel)
http://www.hab.de/bibliothek/wdb/index.htm

Le Mechaniche dell'illustriss. Sig. Guido Ubaldo De' Marchesi del Monte. Tradotte in volgare dal Signor Filippo Pigafetta, Venezia, Evangelista Deuchino 1615.
Münchener Digitalisierungszentrum (München)
http://www.digitale-sammlungen.de

Guidi Ubaldi e' Marchionibus Montis de Cochlea libri quatuor, Venezia, apud Evangelistam Deuchinum 1615.
Max Planck Institute for the History of Science (Berlin)
http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de;
Wolfenbütteler Digitale Bibliothek (Wolfenbüttel)
http://www.hab.de/bibliothek/wdb/index.htm

Mechanischer Kunst-Kammer Erster Theil (...) Guidi Ubaldi e' Marchionibus Montis Italiänisch und Lateinischem Exemplar in unsere Mutter-Sprach deutlich übersetzt (...) durch Danielem Mögling, Frankfurt am Main, Caspar Röteln/ Matthäus Merian 1629.

Max Planck Institute for the History of Science (Berlin)
http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de;
Sächsische Landesbibliothek Staats- und Universitätsbibliothek (Dresden)
http://www.slub-dresden.de/digitale-bibliothek/

Index

Since Guidobaldo del Monte is the subject of this book, his name is not included in the index. Names occurring only in the references, the bibliographies, the figure captions, or the acknowledgements are not included. Italian and English names have been entered in their English form.

G

H

J

K

L

M

N