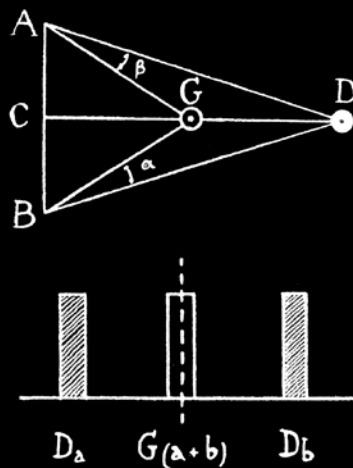


Laura Carlevaris

# *L'Ottica* di Claudio Tolomeo nella storia della prospettiva

Presentazione di Riccardo Migliari





Laura Carlevaris

# *L'Ottica* di Claudio Tolomeo nella storia della prospettiva

Presentazione di Riccardo Migliari



Edizioni Quasar

Edizioni Quasar di S.Tognon srl  
via Ajaccio 41-43 - 00198 Roma  
www.edizioniquasar.it  
info@edizioniquasar.it

Roma  
gennaio 2024  
ISBN: 978-88-5491-450-6.

*Traduzioni*

Le traduzioni verso l'inglese  
sono di Erika Young.

*In copertina:*

Tolomeo, *Ottica*, visione stereoscopica di due cilindri posti in **G** e in **D** con punto di fissazione in **G**.

*In quarta di copertina:*

Tolomeo, *Ottica*, visione di un oggetto **GD** posto frontalmente allo specchio **EZ**.

# INDICE

## **7 PRESENTAZIONE | *PRESENTATION*** Riccardo Migliari

## **11 INTRODUZIONE | *INTRODUCTION***

## **21 OTTICA, PROSPETTIVA E SCENOGRAFIA**

- 21 Visione e prospettiva tra Rinascimento e mondo antico
- 25 Dalla fascinazione archeologica alla fascinazione prospettica
- 30 Ottica, scenografia e prospettiva
- 33 Una prospettiva prima dell'ottica?

## **39 L'OTTICA ANTICA E IL MODELLO EUCLIDEO**

- 39 I raggi visivi e il mondo fenomenico:  
emissione o intromissione?
- 42 Il modello geometrico euclideo
- 45 I modelli della visione dopo Euclide
- 47 L'occhio e la retina
- 55 L'equivoco del *Teorema 8*

- 65 L'*Ottica* euclidea e la prospettiva curvilinea
- 68 I teoremi prospettici dell'*Ottica* euclidea:  
il piano e lo specchio
- 70 La prospettiva tra visione e misura

## **77 Tavola Cronologica**

### **79 L'OTTICA DI CLAUDIO TOLOMEO**

- 79 Tolomeo astronomo e geografo
- 86 L'*Ottica* di Tolomeo
- 88 Struttura dell'opera
- 90 Il cono visivo tra Euclide e Tolomeo
- 94 Tolomeo: continuità della vista e direzionalità dello sguardo
- 98 Lo spazio disomogeneo: l'asse visivo e l'oggetto di visione
- 106 Stereoscopia e giacitura privilegiata: il piano frontale
- 115 Il piano frontale e lo specchio
- 122 La percezione del colore nella trattazione di Tolomeo
- 132 La visione tra Euclide e Tolomeo:  
il contributo di Lucrezio

151 CONCLUSIONI | *CONCLUSIONS*

161 RINGRAZIAMENTI

163 BIBLIOGRAFIA

179 INDICE DEI NOMI





# PRESENTAZIONE

*Riccardo Migliari*

## Premessa

Per apprezzare appieno il valore di questo lavoro di Laura Carlevaris è necessario fissare alcuni punti in merito alla Storia della Rappresentazione. E dico "Rappresentazione", non "Rappresentazione scientifica", perché quando un oggetto è "rappresentato", nel senso proprio del termine, e non semplicemente "raffigurato", è possibile ricostruirne la vera forma nello spazio, attraverso logiche e procedure che sono governate dalla scienza e non dall'intuito. Dunque dire "Rappresentazione scientifica" è un pleonaso.

Ciò premesso, vorrei dire che, secondo me, una Storia della Rappresentazione non è ancora stata scritta.

Esiste, infatti, un'ampia letteratura sulla Storia dell'Arte, sulla Storia della Matematica e sulla Storia della Prospettiva, una letteratura assai ridotta sulla Storia della Geometria descrittiva e della Geometria proiettiva ma nulla, che io sappia, che abbracci tutte queste discipline collegandole tra loro, come sono oggi e come sono state nel corso dei secoli.

In verità, le linee di una siffatta Storia della Rappresentazione erano state tracciate da

# PRESENTATION

## Premise

*To fully appreciate the importance of this book by Laura Carlevaris we first need to talk about the History of Representation. And I mean 'Representation' and not 'Scientific Representation', because when an object is 'represented', in the proper sense of the word, and not simply 'depicted', we can reconstruct the true form of space, using logic and procedures governed by science and not intuition. So, the term 'scientific representation' is a pleonasm.*

*That said, I would like to say that I believe the History of Representation has yet to be written.*

*In fact, although numerous books have been written about the History of Art, the History of Mathematics and the History of Perspective, very few have focused on the History of Descriptive Geometry and Projective Geometry and, as far as I know, nothing has been written about the way in which these disciplines are interconnected either today or in the past.*

*The contours of this kind of History of Representation were, in actual fact, outlined in 1884 in the book by Christian Wiener entitled*

Christian Wiener nel 1884, nel suo *Lehrbuch der Darstellende Geometrie* [Wiener 1884, pp. 5-61]. Le prime cinquanta pagine di questo trattato sono dedicate alla Storia della *Darstellende Geometrie* che non è affatto la Geometria descrittiva di cui tratta Gino Loria, tutta incentrata sulla figura di Gaspard Monge, e cioè la *Géométrie descriptive* [Loria 1921], ma è il flusso di un pensiero che nasce nell'antichità per svilupparsi attraverso la pittura romana, l'ottica, la prospettiva e la prospettiva-rilievo rinascimentale, la scoperta degli enti all'infinito, la prospettiva teatrale, la stereotomia, la geometria descrittiva, la geometria proiettiva, la topografia e la fotogrammetria, e ancora la prospettiva e la prospettiva rilievo ottocentesche, cioè a lui coeve.

Come si vede, dunque, non c'è qui nulla di quella schematica classificazione disciplinare che si è poi riversata nelle "storie" alle quali ho sopra accennato. Ed è evidente come la Storia della Rappresentazione richieda un approccio multidisciplinare.

Ma anche questo non basta: c'è un'altra precisazione da fare.

Molti, tra quanti hanno scritto sulle origini della Rappresentazione, si sono basati su un esame, a volte sommario, delle testimonianze grafiche che il passato ci ha trasmesso, come le incisioni, i tracciati di cantiere, le pitture vascolari o gli affreschi pompeiani. Celebre è il caso di Erwin Panofsky, che dall'esame di pochi, eterogenei esempi ha dedotto un metodo di rappresentazione "a spina di pesce" che può essere spiegato in molti altri modi più convincenti. Su questo punto Laura Carlevaris è molto chiara: ritiene che «sia giusto analizzare le opere antiche a carattere prospettico; studiarle, possibilmente, tutte»,

*led Lehrbuch der Darstellende Geometrie* [Wiener 1884, pp. 5-61]. The first fifty pages of this treatise are dedicated to the History of *Darstellende Geometrie* that has nothing to do with the *Descriptive Geometry* discussed by Gino Loria, focusing entirely on Gaspard Monge, i.e., *Géométrie descriptive* [Loria 1921]. Instead Wiener's book reflects the flow of thoughts that emerged in antiquity and were developed first in Roman paintings, and then in the fields of optics, perspective and renaissance relief-perspective, the discovery of entities *ad infinitum*, theatrical perspective, stereotomy, descriptive geometry, projective geometry, topography and photogrammetry and then 19th-century perspective and relief-perspective, a subject that emerged during his lifetime.

Given the above, it's easy to understand that nothing here is related to the schematic disciplinary classification that appeared in the "histories" I mentioned earlier. It's obvious that the *History of Representation* requires a multi-disciplinary approach.

But even that is not enough: I will further qualify this statement.

Many of those who have written about the origins of Representation have based their writings on what was sometimes a summary examination of the graphic evidence handed down to us by the past, for examples etchings, worksite plans, vase paintings, and Pompeian frescoes. One famous case in point is that of Erwin Panofsky who, after studying a few heterogeneous examples, developed a 'herringbone' representation method, a method that can be explained in many other more convincing ways. Laura Carlevaris is very clear on this point: she believes that "we would do well to analyse ancient perspectives; to possibly study them all", but only if we

ma a patto di collegarle con la letteratura scientifica del tempo, spesso di difficile lettura [questo volume, p. 15].

Io vorrei aggiungere che a volte nel testo antico, nascosto nella ridondanza della descrizione, si cela un disegno, né più, né meno come in un testo moderno di geometria una illustrazione figura accanto a un teorema. Penso, per citare un solo esempio, alle prime proposizioni delle *Coniche* di Apollonio Pergeo nelle quali alcuni esegeti come Harvey Flaumenhaft ravvisano una sorta di proiezioni ortogonali *ante litteram* [Flaumenhaft 2013, p. xxiii].

Bisogna dunque “leggere e rileggere” queste opere non solo con la forza di astrazione tipica dei matematici, ma anche con la forza visionaria di chi sa disegnare, perché la Rappresentazione è appunto questo: una sintesi di pensiero logico e immagine.

## Il carattere di questo libro

A mio avviso, dunque, il pregio di questo libro è quello di stabilirsi saldamente in un modo di fare Storia della Rappresentazione che non si limita ad analizzare e spiegare il testo di Tolomeo, ma lo colloca precisamente in quel flusso di pensieri e scoperte multidisciplinari che caratterizzano la Storia della Rappresentazione come vorremmo che fosse intesa.

Anzi, potrebbe essere, questo libro, il primo capitolo di quella Storia, come il primo Corso di una serie di corsi monografici, dedicati a formare gli specialisti degli anni a venire. In questo quadro assume particolare importanza la lettura dell'*Ottica* di Tolomeo come trattato di *perspectiva naturalis*. Perché se è vero che il passaggio dallo studio del fe-

*link them to the scientific literature of their age, which is often difficult to decipher [this book, p. 15].*

*I would like to add that in the old text we can occasionally find a drawing hidden in the redundancy of the description, more or less like a figured illustration next to a theorem in a modern text about geometry. I could cite one example: the first prepositions in the Conics by Apollonius of Perga in which several exegetes like Harvey Flaumenhaft notice a sort of orthogonal projections ante litteram [Flaumenhaft 2013, p. xxiii].*

*This is why we need to “read and reread” these works, equipped not only with the force of abstraction typical of mathematics, but also with the visionary force of those who know how to draw, because Representation is just this: a synthesis of logical thought and image.*

## The characteristics of this book

*I believe that the quality and prestige of this book lies in the fact that it is firmly based on an approach to History of Representation that does not simply analyse and explain Ptolemy's text, but inserts it into the flow of ideas and multidisciplinary discoveries that characterise the History of Representation as we would like it to be understood.*

*This book may perhaps represent the first chapter in that History, like a sort of first Course of a series of monographic courses focusing on the training of specialists in the years to come. Given this framework, the interpretation of Ptolemy's Optics as a treatise of perspective naturalis is particularly important. Because if it is true that the shift from the study of the phenomenon of vision to the study of how to reproduce it (perspective artifi-*

nomeno della visione, allo studio del modo di riprodurlo (*perspectiva artificialis*) non è neppure accennato in Tolomeo (come giustamente osserva Vladimiro Valerio) è altresì vero che la sintesi della sua opera di geometra, astronomo e cartografo, ha ispirato e sostenuto le conquiste rinascimentali in ambito prospettico.

*cialis) is not mentioned at all in Ptolemy (as Vladimiro Valerio quite rightly points out), it is also true that the summary of his work as a surveyor, astronomer and cartographer, has inspired and supported the achievements made during the Renaissance in the field of perspective.*

#### Opere citate | Mentioned works

Harvey Flaumenhaft. (2013). Approaching the Study of Apollonius. In Apollonius of Perga. *Conics: Books I-IV*, pp. xiii-xviii. Con comm. di H. Flaumenhaft e W. H. Donahue. Santa Fe, New Mexico: Green Lion Press.

Gino Loria (1921). *Storia della Geometria Descrittiva, dalle origini sino ai giorni nostri*. A cura di M. Timpanaro Cardini. Milano: Ulrico Hoepli.

Christian Wiener: (1884). *Lehrbuch der Darstellende Geometrie*. Vol. I. Leipzig: B.G. Teubner.

## INTRODUZIONE

## INTRODUCTION

A partire dal Settecento, con gli emozionanti ritrovamenti di edifici e affreschi in area vesuviana, la questione dell'efficacia dello sfondamento spaziale presente in queste decorazioni ha riportato alla luce l'antica questione dell'esistenza o meno di una qualche costruzione prospettica nell'antichità.

Immediatamente dopo e, poi, nei secoli successivi, molti studiosi, archeologi e storici dell'arte si sono impegnati in questo dibattito cercando di stabilire se le decorazioni in questione potessero essere realmente considerate "costruzioni", vale a dire se fosse possibile rintracciarvi un qualche indicatore di una coerenza tra quanto rappresentato (spazio, architettura, arredi, oggetti) e la costruzione grafica per la resa spaziale della profondità.

La domanda che si è posta, in definitiva, sembra essere: è vera prospettiva? Se non è possibile riconoscere con certezza in queste opere la presenza di un vero e proprio "metodo" e se mancano i documenti storici che

*In the 18th century breathtaking discoveries of buildings and frescoes were made in the area of Vesuvius; the illusory space characterising these decorations revived the old issue of whether or not perspective constructions existed in antiquity.*

*Immediately afterwards and then later, in the centuries that followed, many scholars, archaeologists and art historians became engrossed in this debate, trying to establish whether the decorations in question could really be considered "constructions", in other words, whether anything in these decorations indicated coherence between what was represented (space, architecture, furnishings, objects) and the graphic construction used to render spatial depth.*

*Ultimately, the question they asked seems to be: is it true perspective? If we cannot conclusively acknowledge that a real "method" was used in these works, and if there are no historical documents certifying the existence of a controlled construction, then what elements were combined to make the illusory space in these paintings so effective? What*

possano certificare l'esistenza di una costruzione controllata, quali sono gli elementi che concorrono all'efficacia illusoria di questi dipinti? Cosa accomuna queste opere a quelle che sappiamo essere vere e proprie costruzioni prospettiche? [1].

In realtà i termini della discussione si complicano inevitabilmente: le anomalie – intese come elementi rappresentati in maniera non “esatta” secondo la teoria della prospettiva lineare codificata nel Rinascimento – sono molte, nelle opere ritrovate in area vesuviana e, in seguito, anche a Roma e nelle colonie, e balzano agli occhi. Ciononostante, esse non sono tali da compromettere il potere illusivo di queste decorazioni, né da infastidire realmente occhi pur addestrati da secoli di prospettiva codificata.

Questa discussione relativa all'esistenza di una costruzione prospettica condivisa applicata nell'antichità è passata alla storia come la “questione della prospettiva antica” [Carlevaris 2006a] e ha radici addirittura più lontane degli stessi ritrovamenti di Ercolano (dove indagini archeologiche organizzate iniziano nel 1738) e Pompei (sito noto dalla fine del XVI secolo ma sistematicamente scavato a partire dal 1748). Una “*querelle des Anciens et des Moderns*” era infatti nata in ambiente francese già dal

*do these works have in common with the ones we know to be real perspective constructions? [1]*

*In actual fact, the terms of the discussion are inevitably more complex: we cannot help but notice the many anomalies that exist in the works found in the area of Vesuvius and later in Rome and the colonies (i.e., anomalies considered as elements represented in an “incorrect” manner according to the linear perspective theory codified in the Renaissance). Nevertheless, these anomalies neither compromise the illusory force of these decorations, nor do they really irritate anyone who for centuries has been trained to recognise codified perspective.*

*The discussion about the existence of a shared perspective construction used by the ancients has gone down in history as the “issue of ancient perspective” [Carlevaris 2006a]; in actual fact the issue was topical even before the findings in Herculaneum (organised archaeological digs began in 1738) and Pompeii (discovered in the late 16th century, but systematically excavated starting in 1748). A ‘querelle des Anciens et des Moderns’ had already started in France in the 17th century between those who supported the superiority of the ancient world over the ‘modern’ world and those who, driven by a spirit of innovation, did not want to*

1. Una recente e completa riproposizione della prospettiva in quanto metodo di rappresentazione si trova in: Migliari, Fasolo 2022. Nel volume è possibile anche ritrovare definizioni e nomenclatura di enti, elementi e procedure ampiamente condivise in queste pagine.

1. A recent and complete re-proposal of perspective as a representation method is reported in: Migliari, Fasolo 2022. The book also provides definitions and names of entities, elements and procedures extensively shared in this book.

XVII secolo, e vedeva da una parte i sostenitori della superiorità del mondo antico su quello “moderno”, dall'altra coloro che, mossi da uno spirito innovatore, non volevano rimanere ancorati a una visione passatista e accademica e spingevano perché fosse riconosciuto il valore delle tendenze artistiche più recenti [Perrault 1688; Rigault 1856; Dalai Emiliani 1999; Fumaroli 1999; 2001; 2005; Lecoq 2001; Carlevaris 2003; 2020; Hub 2008].

Chiaramente, le pagine che seguono vanno a inserirsi in questa discussione, ma non si ritiene utile, in questo contesto, riprendere le fila di una annosa diatriba che non ha, a mio avviso, mai avuto vincitori né vinti, ma che ha raccolto stimolanti dibattiti e illustri partecipanti e che ha dato vita a opinioni che, sia pure a volte fondate su presupposti discutibili, hanno contribuito a creare la storia dell'arte e del pensiero [2].

Quello di cui mi sono convinta nel corso dei miei studi è che non sarà mai possibile arrivare a un punto fermo, in relazione a questa questione, se ciò significa mirare a certezze o a fonti testuali indiscutibili e univoche e che sempre resterà da fare i conti con le “anomalie” presenti nelle fonti iconografiche, che lasceranno aperta la strada a infinite interpretazioni.

2. Per una discussione della questione si rimanda, in generale, a molti dei testi presenti in bibliografia. L'opinione di chi scrive è espressa in Carlevaris 2006a; 2006b.

*be tied to a traditional, academic vision and urged acknowledgement of the importance of more recent artistic trends [Perrault 1688; Rigault 1856; Dalai Emiliani 1999; Fumaroli 1999; 2001; 2005; Lecoq 2001; Carlevaris 2003; 2020; Hub 2008].*

*Clearly, although the contents of this book input into this discussion, I do not believe it useful, in this context, to resume the thread of an age-old dispute which, in my opinion, has never been won or lost by either faction, but instead has sparked stimulating debates, involved illustrious participants, and generated opinions which have, albeit, been based on debatable premises, but which have nevertheless contributed to creating the history of art and thought [2].*

*During my long years of studies I have gradually become convinced that we will never come to a definitive conclusion about this issue if it means striving to either acquire certainties or find irrefutable and univocal textual sources. We will always have to deal with the ‘anomalies’ in iconographic sources that can be interpreted in so many ways.*

*So perhaps we should ask another question? Or even the same question, but in reverse. I think it is better and more accurate to ask the following question: what could the Renaissance have processed and developed*

2. For a debate on this issue, see, in general, many of the books cited in the bibliography. The author's opinion is reported in Carlevaris 2006a; 2006b.

Allora, forse, la domanda da porsi è un'altra. O magari è la stessa, ma presa in senso opposto. Credo che sia più corretto chiedersi: cosa può il Rinascimento aver elaborato per arrivare a porre le basi per la codifica della costruzione prospettica? Quando, nei corsi di Rilievo dell'architettura, affronto il capitolo dell'uso della fotografia a fini metrici, una prima lezione la impiego nel tentativo di far capire agli studenti che la fotografia non nasce dal nulla e non nasce neanche dalla luce *tout court*, cosa che non avrebbe senso; allo stesso modo, non nasce dalla visione, che è argomento assai più complesso. La fotografia nasce da un percorso: quel percorso che parte forse dalla visione, che passa per la luce, che attraversa la magnifica scoperta del foro stenopeico, che si fonda sulle esigenze più antiche di riprodurre e di interpretare attraverso segni, immagini, grafici; un percorso che trova, nel mondo occidentale – ma preferirei dire europeo, o, forse, mediterraneo – una tappa importante nella codifica della prospettiva lineare e che poi trova una ripartenza alimentata dalle nuove scoperte relative a luce, visione, strumenti ottici e per l'acquisizione metrico dimensionale. La fotografia nasce, a mio avviso, da un processo di selezione, che è anche un processo di orientamento all'interno di molte questioni. Nasce, soprattutto, dalla costruzione di una chiave di lettura che attraversa tutti questi elementi. Esiste una storia (e sottolineo "una") che ha operato scelte, che si è auto-limitata, in

*in order to lay the groundwork required to codify perspective construction?*

*During my architectural survey courses I discuss the way photography is used to take measurements. In my first lesson I try to make the students understand that photography doesn't just happen and doesn't depend tout court only on light, since this wouldn't make sense; likewise, it doesn't depend on vision, which is a much more complex subject. Instead, the advent of photography was a process: a process that perhaps started with vision, included light, hit on the magnificent discovery of the pinhole, and was inspired by the very ancient need to reproduce and interpret using signs, images and drawings; a process which, in the western world (but I would prefer to say European or perhaps Mediterranean world) is marked by an important milestone: the codification of linear perspective; the process then started again, reinvigorated by new discoveries involving light, vision, optical instruments and dimensional metric acquisition. In my opinion, photography originated based on a process of selection, which is also a process of 'choices' regarding certain issues in many fields. Above all, it came into being based on the construction of an interpretation involving all these elements.*

*There is one history (and I emphasise 'one') that made those choices, that limited itself during certain periods, and then, at different moments in time, again focused on issues and aspects it had put aside. Retracing that history in reverse is less dangerous than trying to pinpoint in Euclid the embryo of the*



alcune fasi, per riappropriarsi in momenti diversi di aspetti e questioni che si era lasciata alle spalle. Ricostruire oggi questa storia ripercorrendola a ritroso non è pericoloso quanto lo sarebbe cercare di individuare in Euclide l'embrione del Punto Nodale Posteriore di un sistema ottico. Quando si tratta di storia, il verso in cui si percorre una direzione [3] è senz'altro determinante.

Analoga è la storia della codifica rinascimentale della prospettiva, storia che, peraltro, prosegue poi nei secoli successivi. Quello che possiamo chiederci, se intendiamo indagarne le origini, non è se essa esistesse già prima, ma cosa la storia ha ruminato nei secoli per arrivare a quel momento. Ci si può ugualmente chiedere cosa la storia ha perso per strada: anche questo processo "tafonomico" è storia.

Per tornare alla questione della prospettiva antica, ritengo (e non credo di essere la sola) che sia giusto analizzare le opere antiche a carattere prospettico; studiarle, possibilmente, tutte; leggere e rileggere le fonti e anche affrontare la spesso ostica letteratura sulla questione. Questo esercizio non deve però mirare all'obiettivo di stabilire se l'antichità possedesse o meno uno o diversi metodi prospettici, ma a capire quale peso specifico abbiano avuto le diverse tappe che hanno portato la storia e la scienza della rappresentazione ad

*Rear Nodal Point of an optical system. When history is involved, the direction [3] we take is undoubtedly crucial.*

*The history of the Renaissance codification of perspective is similar; it is a history that also continued in the centuries that followed. If we intend to study its origins, the question we can ask ourselves is not whether it already existed, but what did history ruminate for centuries in order to arrive at that point. We can also ask ourselves what has history lost along the way: this 'tafonomomic' process is also history.*

*Let's go back to the issue of ancient perspective. I believe (and I don't think I am the only one) that we would do well to analyse ancient perspectives; to possibly study them all; to read and re-read our sources as well as tackle the often difficult literature written about this issue. However, this exercise should not be undertaken to establish whether or not one or more perspective methods were used in antiquity, but instead to understand the specific importance of the various stages that have allowed history and the science of representation to get as far as it has. Or even to have gone through what it went through.*

*In short, I believe that the following statement makes sense: the question of the existence of one or more perspective constructions in the ancient world should be*

3. «La direzione è la qualità comune a una stella di rette parallele»: Fasolo, Migliari 2022, p. 422. In termini puramente geometrici, il concetto di "direzione" prescinde dal verso di percorrenza.

3. "Direction is the quality shared by a star of parallel straight lines": Fasolo, Migliari 2022, p. 422. In strictly geometric terms, the concept of "direction" is not linked to the direction of travel.

arrivare dove è arrivata. O anche solo a passare per dove è passata.

In definitiva, io ritengo che ciò che ha senso sia che gli interrogativi relativi all'esistenza di una o di diverse costruzioni prospettiche nel mondo antico siano ripensati alla luce dell'esigenza di riassegnare un giusto peso alle diverse tappe di un percorso.

In questa chiave di lettura, ritengo che una delle tappe ancora meno indagate sia il ruolo della storia della visione e della luce, ovvero della storia dell'ottica in quanto scienza [Smith 2015; Raynaud 2016]. Se, come si diceva, la questione della prospettiva antica è stata a lungo appannaggio di archeologi e storici dell'arte, negli ultimi decenni stanno emergendo importanti e interessanti contributi da parte di storici della scienza e di studiosi, in particolare, di ciò che concerne visione e luce, e questi contributi stanno illuminando ambiti finora scarsamente praticati.

A questi studi manca, a volte, una chiusura del cerchio, possibile solo con il contributo di chi si occupa invece principalmente di costruzione prospettica in termini storici, ma anche tecnici.

Se, forse fin dal Rinascimento, sembra evidente il ruolo dell'Ottica di Euclide di Alessandria nella definizione del modello prospettico lineare, meno indagato è il successivo trattato di Claudio Tolomeo, che invece, da un'indagine ravvicinata, appare come un passaggio determinante alla definizione della formazione delle prime immagini prospettiche rinascimentali. L'Ottica di Tolomeo, scritta nel II sec., testimo-

*reformulated and that each stage of the process should be reassigned its rightful importance.*

*Bearing this in mind, I believe that one of the less studied stages of the process is the role of the history of vision and light, in other words the history of optics as a science [Smith 2015; Raynaud 2016]. If, as I mentioned earlier, ancient perspective has long been the prerogative of archaeologists and art historians, in recent decades important and interesting contributions have been presented by scholars and historians of science, especially as concerns vision and light; these contributions are shedding light on fields that have so far not been sufficiently explored.*

*There are times when these studies do not close the loop; this is possible only if contributions are made by those who focus primarily on the history and technique of perspective construction.*

*If the book entitled Optics by Euclid of Alexandria has clearly played a role in the establishment of the linear perspective model, perhaps since the Renaissance, much less study has been dedicated to the treatise by Claudius Ptolemy. A more in-depth exploration would instead be a key step towards explaining just how the first perspective images in the Renaissance were created. Ptolemy's Optics, written in the 2nd century, testifies to the substantial changes that had taken place in the roughly five centuries between what everyone believes to be the first scientific systematisation of vision that has been handed down to us.*

nia le trasformazioni sostanziali avvenute nei circa cinque secoli che la separano da quella che tutti riteniamo essere la prima sistematizzazione scientifica rimastaci della visione.

L'interesse degli artisti rinascimentali per l'ottica è ben noto. Gli stessi *Commentarii* di Lorenzo Ghiberti risultano essere in ampia parte una sorta di compendio di teorie sulla visione derivate da testi medievali [4] e, anche se la trattazione della materia non risulta chiara né completa [5], quello che emerge è l'istanza di orientare l'arte verso un nuovo modo di produrre immagini, verso una nuova idea di immagine che ha profonde radici nella storia della scienza della visione.

Da sempre, come si diceva, l'impostazione che è alla base della genesi del metodo prospettico rinascimentale (un osservatore, un solo occhio) è stata ricollegata alla teoria euclidea per trovare o negare punti di contatto, più raramente si è fatto riferimento a Tolomeo. Se però vogliamo aggiungere agli enti fondamentali del metodo prospettico anche una superficie che raccolga l'immagine – senza la quale l'immagine non può nascere, come non

*We are all aware of how interested Renaissance artists were in optics. Most of the book entitled Commentarii by Lorenzo Ghiberti is a sort of compendium of theories about vision based on medieval texts [4]. Even if the way he discusses this issue is neither clear nor complete [5], it reveals his aspiration to encourage art to adopt a new way of producing images, to move in the direction of a new concept of the image, one that has deep roots in the history of the science of vision.*

*As mentioned earlier, the approach behind the genesis of the perspective method adopted in the Renaissance (one observer, one eye) has always been linked to Euclid's theory in order to find or negate points of contact. Only more rarely has reference been made to Ptolemy. However, if we wish to also add a surface on which the images are supported to the fundamental entities of the perspective method – surfaces without which the image cannot exist, just as there is no light without bodies that intercept its rays – then the model proposed by Euclid is less successful, while Ptolemy's treatise undoubtedly contains more impressive and fascinating ideas.*

4. Si tratta del *De aspectibus* di Alhazen (Abū 'Alī al-Ḥasan ibn al-Haytham, 965-1040 ca.), della *Perspectiva* di Ruggero Bacone (1214-1292 ca.) e della *Perspectiva communis* di Giovanni Peckham (1240-1292 ca.).

5. «Scrisse il medesimo Lorenzo un'opera volgare, nella quale trattò di molte varie cose, ma sì fattamente che poco costruito se ne cava»: Vasari 1568, *Vita di Lorenzo Ghiberti scultore*, Parte II, p. 285.

4. Reference is made to *De aspectibus* by Alhazen (Abū 'Alī al-Ḥasan ibn al-Haytham, ca. 965-1040), *Perspectiva* by Ruggero Bacone (1214-1292 ca.) and *Perspectiva communis* by Giovanni Peckham (ca. 1240-1292).

5. "The same Lorenzo wrote a book in the vulgar tongue, wherein he treated of many diverse matters, but in such wise that little profit can be drawn from it": Vasari 1568, *Life of Lorenzo Ghiberti sculptor*, Part II, p. 285.

c'è luce senza corpi che ne intercettino i raggi – allora il modello proposto da Euclide è meno efficace, mentre in Tolomeo rintracciamo indicazioni senz'altro notevolmente suggestive.

Questa mancata attenzione per l'Ottica di Tolomeo è forse legata alla maggiore complessità del suo trattato e alla sua stessa impostazione, che arricchisce la base geometrica del modello euclideo con determinanti aspetti fisiologici, percettivi, relativi al colore e a molti altri fattori ambientali e anche soggettivi, ma che, attraverso la creazione di un pur inesatto modello relativo alla visione stereoscopica e attraverso la catottrica e gli elementi in comune che questa presenta con alcuni esiti della visione binoculare, arriva a concepire modelli che presentano elementi che appariranno determinanti nella costruzione delle immagini prospettiche.

La figura di Tolomeo non è stata dimenticata del tutto quando si è andati ad indagare il suo ruolo nella storia della prospettiva, ma sembra che ci si sia concentrati più sull'*Almagesto* e sulla *Geografia* di quanto non ci si sia soffermati sulla sua scienza della visione. Ritengo invece fondamentale rileggere l'opera dell'alesandrino per determinare quanti e quali punti di tangenza questa ha con la genesi delle prime immagini prospettiche lineari, con l'impostazione stessa della teoria prospettica al momento della sua codifica. Indagare su cosa è successo tra Euclide e Tolomeo per individuare i processi di trasformazione dei modelli scientifici

*This lack of focus on Ptolemy's Optics is perhaps due to his approach and his more complex treatise; he enhances the geometric basis of the Euclidean model with crucial physiological and perceptive elements relative to colour as well as to many other environmental and also subjective factors. However, by creating an albeit inexact model of stereoscopic vision, and by exploiting catoptrics and the elements it shares with certain results of binocular vision, he develops models with elements that appear key to the construction of perspective images.*

*Ptolemy was not completely forgotten when scholars examined his role in the history of perspective, but it appears that their focus was more on the Almagest and Geography rather than on his science of vision. Instead I believe it crucial we reread the works of this treatise writer from Alexandria in order to establish how many and which points of tangency it has, not only with the genesis of the first linear perspective images, but also with the approach to perspective theory when it was being codified. The objective of this book is to study the events that took place during the years that passed between Euclid and Ptolemy in order to identify the changes made to scientific models and insert them into the process of reconstruction of the history of perspective.*

*Titus Lucretius Carus and the way in which he addressed the science of vision represents a stepping stone between Euclid and Ptolemy: with his "eidola" and his "simula-*



Fig. 1  
Lejeune 1948, copertina del libro.



Fig. 1  
Lejeune 1948, front cover.

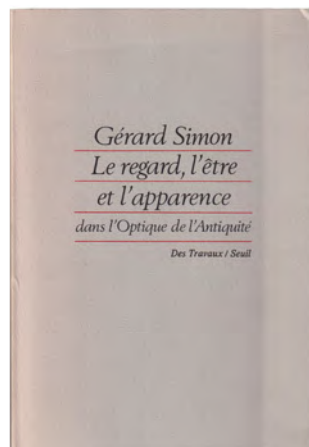


Fig. 2  
Lejeune 1957, front cover.

Fig. 2  
Lejeune 1957, copertina del libro.

Fig. 3  
Simon 1988, copertina del libro.

Fig. 3  
Simon 1988, front cover.

che possano essere inseriti nella ricostruzione di quella storia della prospettiva della quale si parlava è l'obiettivo che queste pagine si pongono.

Tra Euclide e Tolomeo si collocano Tito Lucrezio Caro e il suo modo di trattare la scienza della visione: anche Lucrezio, con i suoi "eidola" e i suoi "simulacra", sembra anticipare, forse anche più dei due scienziati alessandrini, la formazione delle immagini. L'impostazione di Lucrezio rientra – non so dire quanto direttamente – nel lavoro di traghettamento compiuto da Tolomeo per avvicinare la storia della costruzione delle immagini al suo capitolo rinascimentale.

cra", Lucretius seems to foresee the development of images, perhaps even more so than the two scientists from Alexandria. Lucretius' approach fits into the work (I can't say how directly) performed by Ptolemy to 'ferry' the history of the construction of images closer to the way it was dealt with in the Renaissance.

This interpretation was inspired by several contributions, first and foremost the one by the classical Belgian philologist Albert Lejeune (1916-1988). After a splendid publication about the contribution by Euclid and Ptolemy to the history of the science of vision, Lejeune produced a critical and exegetic Latin translation of the Arab version

Questa chiave di lettura deve moltissimo a diversi contributi, primo tra tutti quello del filologo classico belga Albert Lejeune (1916-1988), che dopo una splendida pubblicazione che indaga il contributo di Euclide e Tolomeo alla storia della scienza della visione, ha dapprima redatto una versione critica ed esegetica della traduzione in latino dall'arabo dell'*Ottica* di Tolomeo e in seguito ne ha fornito una traduzione in francese, e che ha puntualmente evidenziato i molti aspetti che ne fanno un'opera sostanzialmente diversa (non migliore, non peggiore, ma diversa) da quella di Euclide [Lejeune 1948; 1956; 1989] (figure 1, 2). Questa impostazione degli studi di Lejeune è alla base di un altro testo fondamentale alla rilettura proposta in queste pagine, opera di uno storico della scienza francese, Gérard Simon (1931-2009) che si è occupato, tra l'altro, di storia dell'astronomia (con importanti studi sulla figura di Johannes Kepler) e di storia della visione [Simon 1988] (figura 3).

In questo solco, questo contributo mira senz'altro a riportare le molte osservazioni alla base dei lavori di Lejeune e di Simon nell'alveo della prospettiva, riconoscendo all'impostazione data da Tolomeo alla trattazione della visione diretta (monoscopica e stereoscopica) e della visione rifratta (catottrica) un ruolo fondamentale nell'ambito di quel processo di completamento del modello euclideo che sarebbe risultato funzionale alle esigenze della cultura artistica rinascimentale.

*of Ptolemy's Optics, followed by a French version, carefully highlighting the many features that make the latter work very different (not better or worse, but different) to the one by Euclid [Lejeune 1948; 1956; 1989] (figure 1, 2). Lejeune's approach inspired another text that plays a crucial role in the re-interpretation proposed here: the work of a historian of French science, Gérard Simon (1931-2009), who also focused on the history of astronomy (producing important studies about Johannes Kepler) and the history of vision [Simon 1988] (figure 3).*

*Given this approach, my contribution aims to apply the many observations that inspired the works by Lejeune and Simon to the issue of perspective, acknowledging that Ptolemy's approach to direct (monocular and stereoscopic) vision and refracted (catoptric) vision played a fundamental role in the process of completing Euclid's model – a model that was to satisfy the needs of artistic culture in the Renaissance.*

# OTTICA, PROSPETTIVA E SCENOGRAFIA

## Visione e prospettiva tra Rinascimento e mondo antico

Quando i codificatori della teoria prospettica si trovano a rappresentare, nei loro trattati, quel punto che rappresenta l'origine delle rette che vanno a collimare il contorno degli oggetti reali – quel punto che sarà in seguito definito “centro di proiezione” –, devono immediatamente porsi un problema di non poco conto relativo alla sua visualizzazione, graficizzazione e definizione.

Nel *De prospectiva pingendi* di Piero della Francesca (1412 ca.-1492) – trattato che risale al decennio compreso tra gli anni Settanta e gli Ottanta del Quattrocento, ovvero agli albori della codifica quattrocentesca – troviamo un approccio originale, cosa che non sorprende, dal momento che si tratta del primo trattato scientifico che istituisce un legame inscindibile tra apparato testuale e apparato iconografico [Piero della Francesca 2016].

Piero non intende, con i suoi disegni, mostrare quello che accade nello spazio e come lo spazio viene “ridotto” nel piano della rappresentazione, ma lavora esclusivamente all'interno della costruzione grafica stessa [cfr. Piero della Francesca 1472-1475 ca.; 2016; 2017]. La figura che osserva lo spazio reale non è dunque presente, perché questa può

trovarsi dovunque, ma non su quello che oggi definiamo “piano di quadro”, ovvero il piano dove si sviluppa il modello grafico.

Se pure i disegni di Piero ricordano molto quelli di Euclide, dunque, tra le due opere sussiste una determinante differenza: Euclide rappresenta il piano dello sguardo, quindi il vertice degli angoli che sottendono l'ampiezza dei corpi “è” l'occhio del soggetto osservante. Piero, invece, è consapevole di lavorare sul piano della rappresentazione, sul quale questo occhio non può essere presente. Il vertice degli angoli presenti nei suoi grafici, dunque, è un semplice punto, a volte marcato con evidenza, a volte no, indicato come «puncto A». Ciononostante, come nota Riccardo Migliari che ha sviluppato su questo tema una interessante ipotesi basata sull'origine catottrica della prospettiva lineare, Piero lo chiama ugualmente «ochio» [Migliari, *Disambiguazione del «puncto A»*, in Piero della Francesca 2017, p. XLI; si veda anche Baglioni, Migliari 2018]. Il ruolo del «puncto A» nella costruzione è fondamentale alle operazioni grafiche che permettono di ricostruire non tanto il modello spaziale che genera l'immagine, ma direttamente il modo in cui questo viene risolto all'interno del modello grafico. Siamo di fronte a immagini realizzate per mostrare la strada per la costruzione dell'elaborato prospettico, e lo fanno rimanendo all'interno dell'elaborato stesso (figura 4).

In questa sorta di purismo scientifico e metodologico, Piero realizza dei veri e propri elaborati geometrici che, anche quando sono rivolti alla soluzione di problemi complessi e alla rappresentazione di elementi (come capitelli o volti umani) che molto si gioverebbero del chiaroscuro, nulla concedono a quella che da sempre era la sostanza dell'opera pittorica, ovvero la resa di colore, luce, sfumati. Ai suoi esordi, dunque, la prospettiva, nata per l'arte o, meglio, per conferire scientificità metodologica al fare artistico, scinde in due la sua anima: da una



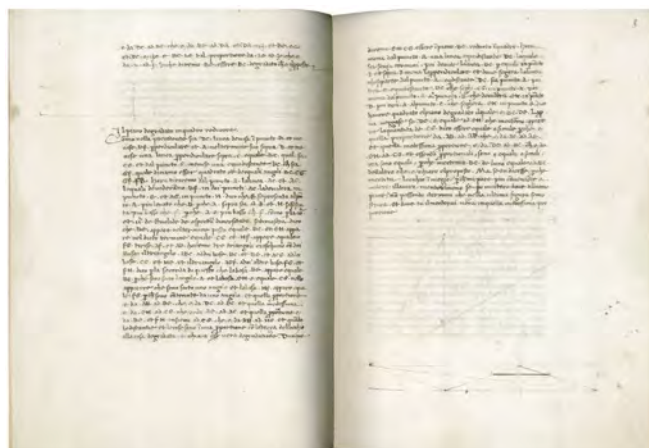


Fig. 4  
Piero della Francesca (1472-1475 ca.)  
Mss. Regg. A 41/2.

parte gli aspetti costruttivi e meccanici, dall'altra il fare sapiente dell'artefice, che, trasformando l'impalcato geometrico in opera d'arte, restituirà senso a un marchingegno altrimenti piuttosto "povero".

Questo aspetto meccanico della costruzione prospettica accosta incredibilmente i primi disegni del *De prospectiva pingendi* a quelli che derivavano dalla riscoperta dei trattati di ottica che arrivavano al Rinascimento dal mondo antico e dal Medioevo, o anche, spesso, da una rielaborazione medioevale di opere antiche.

Come si è detto nell'*Introduzione*, lo stesso Ghiberti aveva studiato abbondantemente, seppure forse non con approccio che oggi definiremmo "scientifico", l'ottica medioevale e, attraverso questa, le opere di Euclide e Tolomeo (II sec.), i due caposaldi della scienza della visione antica.

Unitamente dunque alla volontà di dare un sostegno scientifico al fare artistico, anche questo aspetto legato alla componente legata all'illustrazione di questi trattati lega, fin dagli esordi, la teoria prospettica rinascimentale alla scienza della visione e un immediato precedente viene comunemente individuato nell'opera di Euclide.

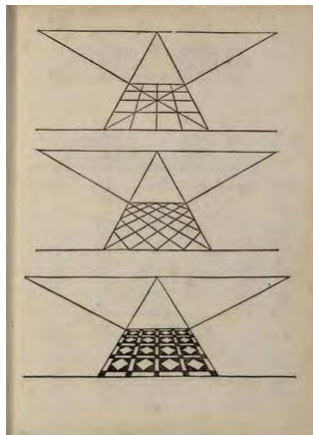
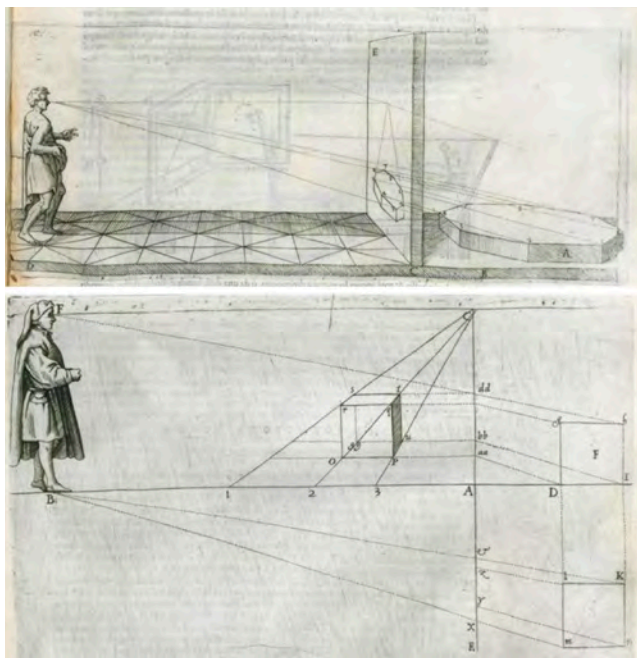


Fig. 5  
Pèlerin 1505. Tav. 2. Bibliothèques de  
Nancy, Rés. 4230.

Fig. 6  
Vignola-Danti 1583. Regola I della  
Prosp. del Vignola. In alto, figura p. 55;  
in basso, figura p. 65.

Evidentemente, il legame tra Euclide e il trattato di Piero della Francesca non può essere così diretto, innanzitutto perché tra le due opere sono trascorsi quasi diciassette secoli, poi perché l'opera di Euclide non mira alla costruzione di immagini, ma si caratterizza come un'opera di semplificazione consapevole della complessità del fenomeno visivo. Ciononostante, il Rinascimento prende in considerazione l'opera di Euclide e altre che avevano visto la luce nei lunghi secoli intercorsi, rielabora quanto si trova in mano e utilizza il tutto per il suo scopo: definire una costruzione che sia "legittima" e che permetta di creare l'impalcato prospettico, lo schema, come si diceva, sul quale nascerà l'opera d'arte. Se né Piero della Francesca nel *De prospectiva pingendi* né Jean Pèlerin (il Viator, 1445-1524) nel suo trattato degli inizi del Cinquecento rappresentano l'occhio o la figura dell'osservatore nello spazio [Piero della Francesca 1472-1475 ca.; Pèlerin 1505] (figura 5), in diversi trattati suc-



cessivi, come l'edizione del trattato di Jacopo Barozzi da Vignola (1507-1573) ad opera di Egnatio Danti [Vignola-Danti 1583], questo punto sarà graficizzato attraverso il posizionamento, nell'elaborazione del modello, di una figura posta più o meno di profilo, nel cui occhio visibile (o anche poco più in basso) si posiziona il vertice del cono descritto dalle rette che vanno a toccare i punti dello spazio che devono essere riportati nella costruzione grafica (figura 6). Questa scelta ci dice diverse cose: innanzitutto che il modello prospettico viene associato al modello visivo, poi che questo modello viene semplificato attraverso l'omissione del secondo occhio e di tutti i problemi connessi con la visione binoculare, cosa ovviamente chiara anche ai precedenti codificatori della teoria prospettica.

Se, dunque, è impossibile pensare ad una filiazione diretta della scienza prospettica dall'*Ottica* di Euclide, è altrettanto difficile pensare che la prospettiva lineare non abbia radici nell'antica scienza della visione

La risonanza dell'opera euclidea tra gli studiosi, i commentatori e i traduttori, d'altronde, era stata, dall'Antichità agli inizi dell'Evo Moderno, particolarmente vivace [Incardona 1996, p. 57]. La sua fortuna subirà un brusco rallentamento solo dopo il Rinascimento, a causa di quelli che venivano riconosciuti come "errori" all'interno del suo modello, secondo, però, una lettura forzata e un radicale fraintendimento che ben spiega Francesca Incardona nel commento alla sua traduzione in italiano del testo [Incardona 1996, pp. 57-76].

## Dalla fascinazione archeologica alla fascinazione prospettica

Il legame tra la storia della prospettiva e la scienza della visione non può che trovare nuovo vigore a seguito dell'interesse del Settecento per l'archeolo-

Fig. 7

Giovanni Battista Piranesi. 1778.  
*View through the Herculaneum Gate,  
Pompeii.* The Met, Robert Lehman  
Collection, Accession No.: 1975.1.400.



gia e dei fortunati ritrovamenti che ne conseguono (figura 7).

Quando, nel corso del XVII secolo, iniziano a venire alla luce gli sfondati prospettici antichi [6], la loro eccezionale resa spaziale, unitamente all'efficacia del colore e degli effetti della luce, portano ad associare queste opere ai capolavori degli artisti rinascimentali, quasi si trattasse di immediati precedenti nel percorso che sarebbe passato per la prospettiva "legittima" e per i grandi cicli illusori del Sei e del Settecento. Gli esempi del mondo antico, in questa logica, presentavano il grande vantaggio di essere cronologicamente molto più vicini a una possibile origine antica di un sapere prospettico.

Il nome di Euclide (III sec. a.C., 323-283 a.C. ca.), dunque, al quale si deve il più antico trattato scientifico di ottica rimastoci, viene immediatamente coinvolto nella questione dell'esistenza o meno di un metodo di costruzione prospettica nell'antichità. L'impostazione geometrica del suo lavoro scientifico e l'evidenza che la prospettiva fosse da ricondurre nell'ambito della scienza della visione avevano portato nuovamente all'attenzione degli studiosi il suo trattato, che sembrava fornire interessanti suggestioni riguardo all'ipotetica genesi di

6. Va ricordato che, all'epoca, l'arte pittorica greca non era ancora conosciuta, per cui quando si parla di "pittura antica" si tende a parlare di opere realizzate in area di influenza o di dominazione romana.

un metodo per la riduzione della terza dimensione nel piano della rappresentazione.

Le posizioni sulla questione della prospettiva degli antichi sono state fondamentalmente due. Pur tenendo conto della ricchezza delle opinioni degli studiosi coinvolti, possiamo dire che da una parte si trovano coloro che, come Hendrik G. Beyen e Decio Gioseffi [Beyen 1939; Gioseffi 1957], ritenevano che le decorazioni del secondo stile rimaste rivelassero una conoscenza certa, sia pure incompleta, del metodo prospettico centrale, dall'altra coloro che ritenevano invece, con Guido Hauck, Ernst Panofsky e molti altri, che quelle stesse opere mostrassero chiari segni di un metodo prospettico diverso da quello codificato nel Rinascimento, ma pur sempre compiuto [Hauck 1879; 1881; 1882; Panofsky 1999 (1927)]. Si comincia dunque a parlare di una possibile prospettiva curvilinea e della possibilità di una moltiplicazione dei metodi per la resa dello spazio nell'opera d'arte [Carlevaris 2020]. Sostanzialmente, quello che le diverse posizioni avevano in comune era la tendenza a leggere le opere di un periodo compreso tra il I e il II secolo a.C. e i primi decenni dell'era cristiana nella convinzione di potervi rintracciare i sia pur labili segni di conoscenze già mature. Un atteggiamento simile non poteva che andare a ricercare, tra i documenti archeologici, solo quelli evidentemente anteriori – o al più coevi o immediatamente successivi – alla grande stagione della pittura parietale romana.

Se, come si è detto, Euclide ben si prestava a rappresentare il termine *post quem*, mancava ancora la sponda *ante quem*.

Le decorazioni a carattere decisamente prospettico possono ritenersi esaurite con il I secolo, proprio nel momento in cui si colloca il trattato di Marco Vitruvio Pollione, che peraltro sembra fornire l'unica descrizione rimastaci (80 a.C.-dopo il 15 a.C. ca.) di un ipotetico metodo prospettico [Vitruvio 1993]. La ricerca poteva dunque concentrarsi

nello spazio compreso tra Euclide e Vitruvio: queste due importanti fonti costituiscono d'altronde un terreno di dibattito e scontro sufficiente a intavolare una davvero ampia *querelle*. Inoltre, Vitruvio poteva anche essere letto alla ricerca di ulteriori fonti, offrendo alla ricerca ampia soddisfazione. Vitruvio stesso nomina possibili precedenti, opere che, se vogliamo, potrebbero essere considerate quali anticipazioni di qualcosa che Euclide avrebbe poi ripreso e sistematizzato, ma queste opere non ci sono mai arrivate: si tratta di ipotetici trattati di Anassagora (499-428 a.C.), Democrito (470-457 a.C.-??) e Apollodoro (V-IV a.C.) che purtroppo la storia non ci ha tramandato.

Tra Euclide e Vitruvio ce n'era a sufficienza per tutti i gusti, se si trattava di dimostrare l'esistenza di qualcosa, che fosse la prospettiva curvilinea o la lineare. Anche quando ci si è proiettati fino a Tolomeo, prodotto della cultura alessandrina del II sec., si è cercato nella sua opera quasi esclusivamente un sostegno a teorie già ampiamente dimostrate. Questo è, ad esempio, quello che capita con gli accenni di Beyen e gli approfondimenti di Gioseffi sulla catottrica di Tolomeo: che la teoria proposta da Tolomeo per la formazione delle

Fig. 8  
Lefkadia, Grecia. Tomba macedone  
di Lyson e Kallikles. Decorazione  
parietale. 250 a.C. ca.

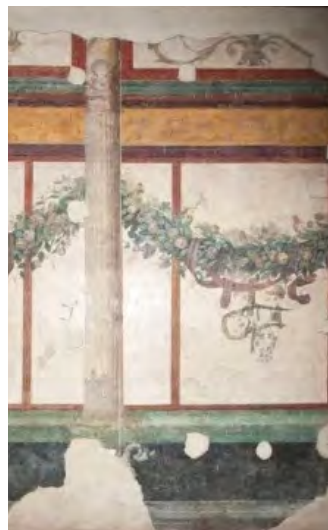




immagini speculari sembrasse spiegare quello che era già stato individuato a seguito dell'approccio diretto alle opere e della lettura dei testi disponibili era un fatto che risultava particolarmente utile, ma il lavoro di Tolomeo non è un trattato di catottrica pura. Tolomeo non concepisce la catottrica senza l'ottica: il suo è un testo che tratta la visione nei suoi molteplici aspetti, compresa la visione stereoscopica, la riflessa e la rifratta. Allora è proprio nell'organizzazione stessa del trattato, nel modo in cui Tolomeo affronta la trattazione dal fenomeno della visione che va ricercata l'influenza che la sua opera può aver avuto sull'impostazione della scienza prospettica rinascimentale. E se la prospettiva non è un'invenzione, ma un percorso, possiamo dire che è proprio attraverso l'impostazione del suo lavoro che Tolomeo ci indica l'evoluzione del pensiero prospettico.

Se la decorazione parietale antica a prevalente soggetto architettonico si colloca cronologicamente proprio tra Euclide e Tolomeo (figure 8, 9), è forse proprio nel confronto tra questi due pilastri che dovremmo andare a ricercare tracce di quella che oggi chiamiamo "scienza prospettica".

Fig. 9.  
Roma, Palatino. Decorazioni II stile,  
I sec. a.C. A destra: Casa di Augusto,  
Sala dei Festoni di Pino; a sinistra:  
Casa di Livia, decorazione a festoni.



Una particolare attenzione al testo di Tolomeo comporta una rilettura dello stesso Tito Lucrezio Caro (55-15 a.C. ca.), il cui testo poetico merita forse di essere ancora indagato alla luce dello stretto rapporto che lega la sua teoria della visione – certamente non geometrica né matematica, ma non per questo necessariamente non prospettica – alla sistematizzazione tolemaica.

Già nel 1942 Giusta Nicco Fasola – il cui intervento intende sorvolare la questione prospettica, dalle sue radici antiche fino alla sua formulazione rinascimentale, senza calarvisi dentro – osservava, riguardo ai trattati di ottica che da Euclide arrivano fino al Medioevo, che «sebbene non scritti per l'arte questi trattati interessano l'arte perché ci danno una via di penetrazione nel modo contemporaneo di osservare, ci lasciano cogliere abitudini visive e aspirazioni rappresentative e seguire attraverso di essi il formarsi e il crescere di una coscienza spaziale nuova» [Nicco Fasola 1942, p. 59]. Si potrebbe aggiungere che, sebbene non scritti per la scienza della rappresentazione, questi trattati ci permettono di seguire il silenzioso passaggio della prospettiva attraverso la storia della sistematizzazione della visione. Passaggio non sempre cronologicamente lineare.

## Ottica, scenografia e prospettiva

Fin dall'antichità l'ottica geometrica ha avuto caratteri di disciplina autonoma: già nel IV sec. a.C. Aristotele (384/483-322 a.C.) citava l'ottica a fianco delle discipline che fanno parte della matematica applicata, con meccanica, astronomia e armonia.

La suddivisione dell'ottica in tre sezioni ("ottica" propriamente detta, "catottrica" e "diottrica") compare per la prima volta nel lavoro di Erone di Alessandria (I sec.) [Erone 1900]. Per Gemino di Rodi (I sec. a.C.?), invece, la



diottrica faceva parte dell'astronomia, mentre nell'ambito dell'ottica andava compresa la scenografia. In realtà la scenografia non ha quel carattere di scienza pura che è possibile assegnare allo studio della visione – diretta, rifratta o riflessa che sia – poiché essa si pone, fin dagli inizi, come una branca applicativa legata al fare artistico. È però vero che a partire dai primi trattati di ottica, compreso quello di Euclide, che dobbiamo considerare come il primo trattato rimastoci [7], una volta definito il meccanismo della visione, si pone immediatamente il problema degli inganni della vista e delle false percezioni, accostandosi così all'ambito di pertinenza della scenografia.

Il passaggio dalle osservazioni sulla capacità della vista di trarre in inganno – osservazioni che avranno ampio spazio nel trattato di Tolomeo – alla possibilità di sfruttare queste riflessioni per manipolare le sensazioni stesse non è tanto arduo da indurre a immaginare che esso non possa essere stato compiuto fin dall'antichità. Non è da sottovalutare la struttura stessa del trattato di Erone, che contiene non poche osservazioni sulla possibilità di applicare le leggi della catottrica e le proprietà degli specchi in ambito teatrale per la realizzazione di apparizioni illusorie o “fantasmi”.

Il forte legame tra i trattati di ottica e le regole per la rappresentazione teatrale ha portato Albert Lejeune, filologo classico e traduttore in francese dell'*Ottica* di Tolomeo, a formulare un'interessante ipotesi basata sull'inversione cronologica del passaggio dall'ottica alla scenografia, un'ipotesi alla quale torneremo in seguito. Lejeune suggerisce che, poiché un approccio empirico alla scenografia teatrale è da collocarsi cronologicamente prima degli studi di ottica stessi, è possibile immaginare che l'*Ottica* di Euclide rappresenti il tentativo di razionalizzare e di trasformare in metodo scientifico i risultati ottenuti da artisti e pittori nel controllo della tridimensionalità dello spazio [8]. Analogo convincimento sarebbe alla base dell'analisi della visione eucli-

7. Se il trattato di Euclide è il primo lavoro organico strutturato sull'ottica, interesse per la questione è testimoniato già nel IV sec. a.C. da Platone e Aristotele. In particolare quest'ultimo doveva conoscere la legge dell'uguaglianza degli angoli di incidenza e rifrazione: cfr. Cándito 2001, p. 27.

8. «D'altronde, l'*Ottica* di Euclide ci dà l'impressione di una disciplina già ben strutturata. Come gli *Elementi* essa presuppone lavori precedenti, e un lavoro preparatorio già compiuto da parte di predecessori. Eppure essa non fa astrazione solo dal rilievo ma anche da qualsiasi aspetto qualitativo della sensazione visiva. Queste lacune potrebbero essere spiegate chiaramente se non si trattasse che di un trattato di prospettiva seppure evoluto e trasformato in un trattato di ottica geometrica. Le costruzioni lineari della prospettiva, trasposte nell'ordine della fisica per contaminazione con le teorie di un irraggiamento oculare quale quello professato da Platone hanno potuto dar luogo ai raggi visivi di Euclide. Si tratta soltanto di un'ipotesi, ma certamente molto prossima alla realtà. Essa stabilisce allo stesso tempo dei continuatori della prospettiva di Democrito e dei predecessori dell'*Ottica* di Euclide [...] e fornisce anche una spiegazione del curioso orientamento preso dall'ottica una volta che questa è uscita dalle mani di Euclide»: Lejeune 1948, pp. 94, 95.

dea sviluppata da Gérard Simon: «Ma si tratta ancora della visione? Più esattamente, si tratta ancora di un'analisi del visibile attraverso lo sguardo o di una ripresa delle regole della rappresentazione del visibile da parte del pittore?» [Simon 1988, p. 67]. Secondo queste posizioni sarebbe quindi nata prima una sorta di prospettiva scenografica empirica, dalla razionalizzazione e codificazione della quale sarebbe – a partire da Euclide, ma passando prima per Platone – nata la scienza della visione. A questo punto appare opportuno ampliare il discorso, ammettendo che, bloccata in questo modo la possibilità per la scenografia di proseguire un cammino autonomo di razionalizzazione scientifica, ruolo prepotentemente usurpatole dall'ottica, essa non avrebbe avuto un'evoluzione significativa fino a quando, come in una nuova riscoperta, si sarebbe arrivati a realizzare che l'ottica stessa era a tal punto evoluta da fornire interessanti spunti alla creatività teatrale. Questo processo, passando anche attraverso il lavoro di Erone dedicato al teatro, sarebbe giunto a compimento con il Rinascimento, al cui *humus* culturale potrebbe, in questa chiave di lettura, essere attribuita la piena consapevolezza delle dinamiche descritte. Ma le cose non sembrano stare esattamente così. Il magico connubio tra rappresentazione, scienza della visione e fascinazione per le macchine – scientifiche o teatrali che siano – che si verifica a partire dal Quattrocento non può essere, a mio avviso, considerato semplicemente il risultato di un rinnovato interesse per la definizione delle leggi che regolano la visione: esso è piuttosto lo stimolo, per non dire la causa, di quel processo che porterà alla definizione della teoria prospettica lineare attraverso la determinante rilettura delle opere dell'antichità.

Comunque ci si voglia porre rispetto all'ipotesi di Lejeune, dobbiamo certamente assumere come dato di partenza il fatto che tra ottica, scenografia e capaci-

tà pittorico-illusive il nesso è molto stretto. Molto più stretto, forse, di quanto finora non sia stato riconosciuto. Quello che è certo, e di cui si può certamente dare atto a Lejeune, è proprio il fatto che il primo approccio al problema della sistematizzazione della visione non può che essere stato di tipo empirico, legato, cioè, al tentativo di trascrivere sul piano quanto la vista ci indica essere disposto in uno spazio a più dimensioni [9]. Ma dietro a questa esigenza espressiva c'è senz'altro, nel cammino dell'ottica, un'istanza filosofica di riflessione sui rapporti tra l'uomo e il mondo, rapporto che trova nella capacità di vedere il primo, fondamentale caposaldo.

Il legame tra ottica e scienza prospettica, che è quello che ci proponiamo di indagare in queste pagine, è reso peraltro chiaro dal fatto che nelle versioni latine del testo di Euclide il termine "ottica" viene ben presto tradotto con "*perspectiva*".

Se questo parallelo ci porta a vedere con chiarezza il legame tra ottica e prospettiva e quanto questo nesso dovesse essere evidente agli artisti del Rinascimento, esso stesso ha portato a una lettura forzata e troppo mirata a individuare le origini di un metodo prospettico compiuto all'interno del testo di Euclide.

## Una prospettiva prima dell'ottica?

Vale la pena di soffermarsi ancora un momento sulla teoria relativa alla possibilità che la prospettiva, anziché derivare dall'impostazione dell'ottica antica, possa precederla in termini cronologici.

Si è detto che quello di Euclide è il primo trattato di scienza della visione che è arrivato fino a noi, ma questo non significa che non ne esistessero di precedenti in seguito perduti o che non si possa presupporre che l'*Ottica* dello scienziato alessandrino avesse dei riferi-

9. Bisogna ricordare che il concetto di uno spazio descrivibile tramite tre dimensioni non è nato contestualmente allo sviluppo della storia dell'uomo, ma sarà formulato nell'arco di molti secoli, di molte esperienze, per essere infine codificato da René Descartes. Quello che è certo è che non è facile ritrovare in Euclide cenni su una possibile riduzione dello spazio, cosa che è invece già evidente in Tolomeo.

menti ai quali guardare. Quello che sembra logico è che questi eventuali precedenti dovessero essere sostanzialmente diversi.

Se ricordiamo quanto ci dice Vitruvio nel *De Architectura*, già nel V sec. a.C. la scenografia doveva essere tanto avanzata da essere stata affrontata almeno nei trattati di Anassagora, Democrito e Apollodoro e, forse, anche dal più lontano Agatarco [Vitruvio 1993]. Si tratta senz'altro di testi che Vitruvio, che scrive in epoca augustea a distanza di quasi sei secoli dalle opere delle quali sta parlando, non ha a disposizione. Questo può essere ipotizzato con certezza analizzando la scarsa familiarità che egli mostra nel richiamarne i contenuti.

Agatarco (V sec. a.C.), dice Vitruvio, «*tragoediam scaenam fecit, et de ea commentarium reliquit*», imitato in seguito da Democrito e Anassagora che scrissero anch'essi «*de eadem re*», quindi sempre sulla realizzazione di una scena teatrale [Vitruvio 1933, VII.Pref. I I, p. 304] [10].

È possibile che nel trattato di Euclide si debba vedere una sorta di trasposizione sul piano scientifico, astratto, di una precedente esperienza empirica, già tanto matura da essere passata attraverso una trattazione scritta. Questa esperienza sarebbe di derivazione teatrale, legata alla restituzione di scene in grado di illudere lo spettatore, di creare sulla scena una spazialità illusoria convincente. Il teatro antico presupponeva un punto di osservazione ideale, una posizione in cui uno spettatore avrebbe potuto godere di un'illusione perfetta. Dunque un osservatore ideale, del quale non veniva però calcolata la visione stereoscopica, ma che era rappresentato da un singolo punto.

Euclide potrebbe allora aver concepito il suo modello di visione proprio come astrazione di questa costruzione: un centro di osservazione ottimale dal quale collimare i punti dello spazio scenico in modo da verificare l'efficacia visiva della scena.

Sostanzialmente, questa ipotesi ribalta il rapporto tra teoria e applicazione dando a quest'ultima la precedenza.

10. «*Namque primum Agatharchus Athenis Aeschilo docente tragoediam scaenam fecit, et de ea commentarium reliquit. Ex eo moniti Democritus et Anaxagoras de eadem re scripserunt, quemadmodum oporteat, ad aciem oculorum radiorumque extensionem certo loco centro constituto [ad] lineas ratione naturali respondere, uti de incerta re certae imagines aedificiorum in scaenarum picturis redderent speciem et, quae in directis planisque frontibus sint figurata, alia abscedentia, alia prominentia esse videantur*»: Vitruvio 1993, VII. Pref. I I, p. 304.

La teoria come distillazione di operazioni pratiche, di un sapere operativo maturo, che viene sublimato attraverso un percorso di trasformazione in scienza pura.

Si tratta di un'ipotesi avvincente, soprattutto se si pensa alla possibilità che anche i metodi per la rappresentazione scientifica – tralasciando la prospettiva, che qui viene discussa, si pensi alle proiezioni ortogonali, alle proiezioni quotate, all'assonometria – nascono, storicamente, da necessità operative (costruttive, difensive o belliche in generale, di controllo del territorio etc.) per le quali vengono impiegate tutte le conoscenze e gli strumenti disponibili, e che poi, nel tempo, attraverso un processo di razionalizzazione, di eliminazione del superfluo, di distillazione e di approfondimento, vengono trasformate in codifica scientifica.

Dunque alle origini della scienza prospettica ci sarebbe la scienza della visione, e alla base di quest'ultima la scenografia. Si tratta, come risulta evidente, di un percorso logico e consequenziale, sia pure seguito a ritroso: ma dove siamo arrivati? Siamo arrivati a formulare un ribaltamento di prospettiva: non è forse la scenografia, se compiutamente strutturata, molto prossima alla prospettiva? Dunque la prospettiva “precede” – si tratta di una felice espressione di Decio Gioseffi – la stessa teorizzazione del sapere [Gioseffi 1986]. Nel caso in questione: la prospettiva “precede” la scienza della visione.

Questa inversione di ruoli tra prospettiva, scenografia e ottica è stata formulata per la prima volta da Giambattista Venturi nel suo lavoro sulla storia dell'ottica [Venturi 1814, pp. 6 e ss] (figura 10). Il lavoro di Euclide, in questa nuova chiave di lettura, nascerebbe come sistematizzazione di una più antica teoria prospettica. L'*Ottica*, chiude, di fatto, quel IV sec. a.C. che aveva visto consolidarsi la più antica *skiagraphìa* e affermarsi la moderna *skenographìa*.

La visione razionalizzata segue e non anticipa la sistematizzazione grafica del percepito: la prospettiva.



Fig. 10  
Venturi 1956, copertina del libro.

È a questo punto che si inseriscono le riflessioni di Albert Lejeune [Lejeune 1948, pp. 93 e ss.]. È improbabile, sostiene Lejeune, che trattati del tipo di quelli citati da Vitruvio siano alla base dell'*Ottica* di Euclide: altre opere devono essere esistite e aver informato tanto il lavoro di Euclide quanto quello dei successivi decoratori di scene. Perché allora Vitruvio, trattando di scenografia, non cita autori più vicini alla sua epoca di quanto non fossero gli scenografi del V secolo a.C.? Forse perché nel V secolo le conoscenze teoriche in campo prospettico avevano già raggiunto un livello tale da essere divenute un campo di ricerca totalmente esaurito? Inoltre, c'è da chiedersi perché Euclide non faccia mai cenno alla percezione del rilievo né ad altri aspetti qualitativi della sensazione visiva. L'ipotesi allora è quella che il trattato di Euclide altro non sia che «un trattato di prospettiva sia pure evoluto e trasformato in un trattato di ottica geometrica» [Lejeune 1948, p. 94]. Questa riflessione, in linea con le osservazioni di Venturi, sembra dunque individuare l'esistenza – tra Agatarco e i suoi successori da una parte, Euclide dall'altra – di studi successivi a quelli dei primi scenografi e precedenti il primo trattato di scienza della visione. Se così fosse, i primi trattati di prospettiva nel senso che assegniamo noi oggi al termine, sarebbero da ricercarsi in quel breve lasso di tempo che va dall'inizio del V sec. a.C. all'*Ottica* di Euclide (323-283 a.C.): una prospettiva che non è solo pratica pittorica scenografica ma nemmeno pura astrazione, come avviene per la scienza della visione così come ce la presenta Euclide.

Questa riflessione non è altro che una semplice ipotesi, che complica però in maniera interessante la presunta consequenzialità del rapporto tra la visione reale e la sua interpretazione in chiave pittorica, ponendo la prospettiva all'interno di un percorso meno lineare di quanto sia spesso stato pensato.

«A fianco di queste ipotesi – scrive Lejeune – un fatto appare però certo: tra Euclide e Tolomeo gli studiosi di

ottica hanno imparato a prendere in considerazione il rilievo come uno degli aspetti inerenti la percezione visiva. L'ottica si è così definitivamente svincolata dall'ambito troppo ristretto della prospettiva per divenire a pieno la scienza della percezione visiva. Si tratta di un rinnovamento più importante di quanto non appaia a prima vista. Consteremo [...] che questo rinnovamento ha portato a ripensare ad altri problemi, come quello della grandezza apparente e della deformazione prospettica delle figure, e a fornire una descrizione più conforme ai fatti» [Lejeune 1948, p. 95].





# L'OTTICA ANTICA E IL MODELLO EUCLIDEO

## **I raggi visivi e il mondo fenomenico: emissione o intromissione?**

Quali sono le modifiche che possono essere riconosciute nell'ambito della scienza della visione e nel modo in cui questa viene affrontata nei secoli che intercorrono tra Euclide e Tolomeo?

Riprendiamo le fila della razionalizzazione del fenomeno visivo nell'antichità.

Già a cavallo tra il VI e il V sec. a.C. Pitagora (580/570-495 a.C. ca.), alla cui scuola risalgono le prime informazioni a nostra disposizione sul funzionamento del fenomeno visivo, aveva reso esplicito il fatto che la visione non può avvenire che per via rettilinea, definendo uno dei caposaldi dei più duraturi modelli di visione, valido, nella sua capacità sintetica, ancora oggi che ben conosciamo la natura ondulatoria della luce.

Pitagora descrive i raggi visivi come fili molto sottili, che, uscendo dall'occhio, vanno a toccare l'oggetto per poi tornare all'occhio seguendo lo stesso percorso. È evidente, già in questa descrizione, come la vista sia, nell'antichità, associata a un processo di tipo tattile, in cui viene a stabilirsi una sorta di contatto diretto tra ente recettore e oggetto recepito. La natura tattile dei raggi visivi e dello sguardo sarà ripresa spesso, nei mo-

delli successivi, anche nell'ambito di teorie non sempre convergenti, e sarà ribadita, quattro secoli dopo Pitagora, anche da Tolomeo.

La visione pitagorica, dunque, è fortemente geometrica, ma anche di stampo "emissionista", poiché immagina l'occhio quasi come una sorgente di questi elementi che vanno a toccare gli oggetti, e prevede raggi visivi che muovono dall'occhio in direzione delle cose osservate, per poi tornare a portare informazioni all'osservatore attraverso l'occhio stesso (figura 11).



Fig. 11  
Schema del funzionamento  
della visione per Pitagora.

Alla teoria emissionista si contrapporrà, per tutta l'antichità e in un'alternanza priva di ordine cronologico, una teoria che prevede invece un movimento dei raggi visivi che ha origine nei corpi che appartengono al modo fenomenico e, da questi, raggiunge l'occhio, organo sensibile atto a ricevere le informazioni provenienti dall'esterno.

Questa posizione sarà sposata dagli atomisti del V e del VI secolo a.C. e sarà alla base dell'impostazione data alla scienza della visione da Leucippo (V sec. a.C.) e dal suo discepolo Democrito (470-457 a.C.-??), che per primo ammette l'aria come mezzo di trasmissione della visione [Abati, Borch, De Cola 1997, p. 12]. I due filosofi parlano di "scorze", ovvero di effluvi di atomi che subiscono una contrazione che permette loro di penetrare all'interno dell'occhio, entrando così in contatto con l'anima e portando fino ad essa forma e colore degli oggetti (figura 12). Si tratta di "simulacra", o "eidola", dei quali parlerà

ancora Lucrezio nel I secolo, vere e proprie particelle che materialmente si distaccano dall'oggetto.

Una posizione originale e complessa è espressa, nella prima metà del IV secolo a.C., da Platone (428-347 a.C.), preceduto in questo da Empedocle (490-430 a.C. ca.) [11]. Platone descrive la visione come un processo originato da un doppio movimento: effluvi rettilinei provenienti dagli occhi incontrano infatti effluvi opposti, che provengono dagli oggetti [12]. Ogni oggetto possiede un suo proprio fuoco visibile che si manifesta come colo-

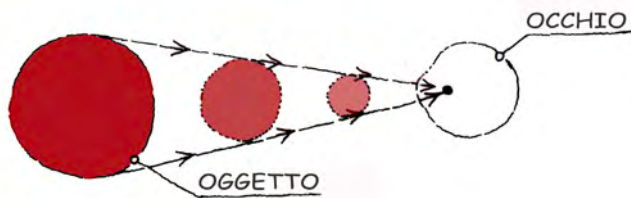


Fig. 12  
Schema del funzionamento  
della visione per Leucippo.

re. Anche l'occhio ha un fuoco che si trova all'interno del globo oculare e che emana una corrente continua: le immagini sono generate dalla *συναύγεια*, ovvero dalla fusione tra i raggi luminosi emanati dagli occhi e quelli provenienti dagli oggetti [Incardona 1996, p. 51]. Ma questo incontro è reso possibile solo grazie a un terzo, fondamentale fuoco: il fuoco del sole.

Sarà questa, in parte, la strada seguita da Aristotele (384/383-322 a.C.) [13] che avrà però il merito di individuare un mezzo intermedio, il diafano, che, messo in movimento dai corpi, esercita una pressione sull'occhio. A differenza di quanto poteva essere dedotto dalle teorie precedenti, per Aristotele la visione non è dunque originata dalla luce, ma da una modificazione del diafano [Incardona 1996, p. 52].

Tra tutte, sarà la teoria pitagorica emissionista ad avere maggiore seguito per tutta l'antichità, fino al XVI secolo,

11. Empedocle sembra essere stato il primo a nominare il campo visivo: Abati, Borchì, De Cola 1997, p. 12.

12. I dialoghi in cui Platone si occupa di visione sono tre: il *Teeteto*, il *Timeo*, e il *Menone*: cfr. Abati, Borchì, De Cola 1997, p. 17.

13. Aristotele scrisse un testo sulla catottrica che è andato perduto. Un frammento di quest'opera può forse essere individuato nel *Fragmentum mathematicum* Boiense: cfr. Incardona 1996, nota 6, p. 61.

fortuna in gran parte legata all'interpretazione dell'*Ottica* di Euclide, trattato che risale al III secolo a.C., il cui modello sarà alla base di tanti dei lavori successivi, come le opere di Archimede (287-212 a.C. ca.), di Apollonio di Perga (262-180 a.C. ca.) e di Diocle (tra II e I sec. a.C.).

## Il modello geometrico euclideo

Ma in che rapporto deve essere collocata l'opera di Euclide con la teoria emissionista? Nell'ottica euclidea si trova un cenno veloce a una visione in cui i raggi visivi sembrano avere origine nell'occhio. «Sia posto – scrive Euclide – che: i segmenti rettilinei tracciati a partire dall'occhio si portino ad una distanza tra loro di dimensioni sempre maggiori» [Euclide 1996, p. 101]. Appare evidente come Euclide stia qui fissando i caposaldi di un modello che si presti ad interpretare il fenomeno della visione in termini geometrici (modello peraltro efficacemente descritto nelle prime tre *Premesse*), senza minimamente entrare nell'ambito della fisiologia dell'occhio. È anche probabile che l'autore avesse come riferimento un'interpretazione emissionista della visione, ma quello che è certo è che il contributo dell'*Ottica* va cercato proprio nella sua natura di modello geometrico: i raggi, rettilinei, collegano l'occhio ai punti appartenenti al contorno delle cose osservate e, in quanto segmenti, hanno per estremi due punti, pur non avendo necessariamente un verso.

Poiché per Euclide il cono visivo è uno schema geometrico, non materico e piano, esso è descritto come un angolo. Un raggio visivo è un segmento definito dai suoi due estremi: l'occhio e un punto appartenente all'oggetto osservato. Due raggi, che intercettano una dimensione, individuano dunque tre punti: l'occhio (estremo comune) e due punti appartenenti all'oggetto, della cui grandezza deve essere valutata l'apparenza, intesa come dimensione e posizione.

Poiché tre punti individuano un piano, il cono visivo è definito da Euclide nel piano individuato dall'angolo individuato dai due raggi, il cui apice non è che un punto. Non essendoci un occhio inteso come organo della visione, non esiste neanche un vero e proprio campo visivo. Euclide, di fatto, non parla mai di angoli visivi simultanei (tutti gli angoli che sottendono gli oggetti dello spazio circostante), e può quindi ridurre sempre al piano le sue analisi.

È proprio la discretizzazione dei raggi visivi l'elemento che permette a Euclide di formulare la sua teoria dell'acuità visiva, non basata sulla posizione assunta dall'oggetto in relazione all'osservatore, ma sul numero di raggi che lo intercettano: più l'oggetto è lontano, minore sarà il numero di raggi che vi cade sopra.

Se è vero che Euclide prevede dei raggi che, concorrendo in un unico punto posto all'interno dell'occhio, divergono sempre più allontanandosi da questo apice, è però altrettanto vero che questa impostazione non rappresenta affatto l'unico cardine della sua costruzione ottico-geometrica, il cui fondamento è sostanzialmente basato sulla natura rettilinea di questi raggi e sulla definizione dell'oggetto della visione: ciò che viene visto è ciò che appartiene al contorno delle cose osservate. Una volta stabilita la corrispondenza astratta tra raggio visivo e retta geometrica, l'*Ottica* euclidea stabilisce un modello che può permettersi di astrarre dalla fisiologia della visione, prestandosi semplicemente a descrivere i risultati del fenomeno. In seguito Gemino riterrà sostanzialmente indifferente ai fini dell'ottica il fatto che i raggi escano dall'occhio o vi penetrino irradiandosi dagli oggetti: «l'ottica né si pone quesiti di carattere naturalistico, né ricerca se certe emanazioni si portino sui termini dei corpi, versandosi raggi fuori dagli occhi; ovvero se simulacri fluenti dalle cose visibili si insinuino, portati in linea retta, fino all'interno degli occhi; o infine se dalla potenza raggianti della vista venga stirata in fuori o raccolta l'aria che sta nel mezzo» [Gemino,

*Excerpta*: cfr. Gioseffi 1957, pp. 16, 17]. Si tratta, come appare evidente, di una constatazione che, sia pure inespressa, dobbiamo riconoscere tra i fondamenti del modello alla base della prospettiva lineare.

In ogni caso, la teoria emissionista era destinata ad avere un ruolo centrale nell'ambito della formulazione dell'ottica geometrica classica, ed Euclide ne sarà, suo malgrado, portavoce.

Nel IV secolo il prestigio di Euclide è ancora tanto vivo che Teone di Alessandria (335-405 ca.), riterrà opportuno ripubblicare la sua *Ottica* ad uso degli studenti con opportune specifiche e un'ampia premessa. La *Recensio Theonis* è senz'altro una rivisitazione poco attenta e spesso errata di quella che oggi viene considerata l'*Ottica* "genuina" di Euclide, il cui testo sarà recuperato e pubblicato solo nel 1895 a cura di Johan Ludvig Heiberg [Heiberg 1895, vol. VII]. A questo intervento di Teone l'*Ottica* rimarrà legata a lungo e la sua notorietà ne risentirà in maniera importante a causa dei fraintendimenti e delle forzature interpretative che ne sono derivate. La principale e la più grossolana delle ombre gettate da Teone sul lavoro di Euclide riguarda proprio la presunta fede dello scienziato nella teoria emissionista, data per certa nella *Recensio* [Ovio 1918].

Oggi, la scienza della visione non ha dubbi sul fatto che l'occhio sia un organo recettore e che non emette raggi né luce, ma la verità, come si è detto, è che il modello euclideo prescinde dal verso di percorrenza dei raggi luminosi. Per quanto riguarda la scienza della rappresentazione, invece, va detto che l'impostazione del modello prospettico non si libera facilmente, nella sua componente meccanica, dal modello geometrico definito dall'alessandrino, modello che passerà attraverso i secoli arricchito, manipolato, integrato, ma sostanzialmente inalterato nei suoi elementi di riferimento. Quello che, come sappiamo, starà molto stretto ai prospettici, però, è proprio l'assenza di fisicità di questo modello, al quale mancano colore, densità dell'aria e tutti quegli aspetti che caratterizzano il fare artistico.

## I modelli della visione dopo Euclide

La prima importante confutazione dei fondamenti emissionisti dell'ottica – che sarebbero impliciti nell'impostazione euclidea ma che si devono, come abbiamo visto, all'interpretazione conseguente alla diffusione della versione teonina del trattato – si ha tra X e XI secolo con il *Thesaurus opticus* di Abū 'Alī al-Ḥasan ibn al-Haytham, più noto come Alhazen (o Alhacem) (965-1040 ca.) [14] che torna ad affermare, nel solco aperto da Empedocle e ripreso da Platone, che la visione avviene senz'altro per mezzo di raggi che l'occhio riceve dal mondo fenomenico [Simon 1988, p. 34]: «L'atto della visione non si realizza per mezzo dei raggi emessi dall'occhio e [...] la credenza di coloro che pensano che qualcosa venga emessa dall'organo della visione è falsa» [cfr. Pierantoni 1986, p. 15]. Certamente ad Alhazen era noto il trattato medico di Claudio Galeno (129/130-210 ca.), il quale ammetteva un doppio flusso: qualcosa di simile ad uno spirito visivo generato dal cervello, incontra negli occhi la luce, la quale, provenendo dall'esterno, porta nella lente le forme degli oggetti. Tramite Erazmus Ciolek Witelo, noto anche come Vitellione, (1230 ca.-1280/1314) e la sua rilettura del testo di Alhazen, il Medioevo abbandona del tutto l'ipotesi emissionista [15]. L'Ottica euclidea continua comunque a circolare tra gli studiosi fino a Rinascimento, ormai definitivamente affidata alla versione teonina. Un'importante traduzione in lingua italiana la si deve ad Egnatio Danti, matematico e studioso di prospettiva, che la pubblica a Firenze nel 1573, seguita da una traduzione dell'Ottica di Eliodoro Lariseo [Danti 1573]. La forzatura operata da Teone riguardo alla fede emissionista di Euclide [16] e il superamento ormai definitivo di questa posizione – avvenuto durante il Medioevo ma confermato con forza dall'evoluzione della scienza della visione nel Seicento – portano a una errata considerazione del testo euclideo, che viene in definitiva bollato come fondato su

14. Alhazen scrive un'importante opera relativa all'ottica, il *Kitāb al-manāẓir*, forse una risposta all'ottica tolemaica. L'opera ha avuto ampia diffusione in occidente fin dalla sua traduzione in latino avvenuta nel XII sec. con il titolo *De aspectibus*. La ritroviamo, ad esempio, a fondamento dei trattati di prospettiva di Roger Bacon, Vitellione e Giovanni Peckham: era dunque ben nota nel Rinascimento, tanto che Ghiberti la studierà e comparirà nei suoi *Commentarii*. Sarà in seguito pubblicata con il titolo di *Opticae thesaurus* nel 1572: Alhazen 1572.

15. La *Prospectiva* di Vitellione è del 1270 ca.

16. Si veda la chiara discussione dell'argomento in: Incardona 1996, pp. 52, 54.

false premesse e messo decisamente in secondo piano. Lo stesso Johannes Kepler (1571-1630), nel 1611, dovrà prendersi la briga di confutare in maniera definitiva l'inaccettabilità della posizione emissionista, tacciando di puerilità l'atteggiamento con cui Giovanni Pena (curatore di un'importante edizione latina dell'*Ottica* di Euclide [Pena 1577]) intendeva sostenere la sostanziale equivalenza tra le due teorie al fine di fornire una giustificazione a quello che era ormai riconosciuto come "l'errore di Euclide" [Incardona 1996, pp. 55-57; Simon 1988, p. 57].

In questo nuovo clima culturale, del testo originale di Euclide si perde traccia fino, come abbiamo visto, alla riscoperta da parte di Heiberg, che lo pubblica per la prima volta in maniera critica nel 1895 [Euclide 1895].

Nonostante le alterne vicende della fortuna del testo euclideo, è certo che almeno fino ad Alhazen la teoria emissionista era quella che meglio si prestava a fare da fondamento culturale al modello di visione proprio dell'antichità classica. Nicco Fasola osserva che «nell'ipotesi dei raggi visivi che uscendo dall'occhio vanno alle cose viste, credo non si debba vedere esclusivamente la teoria fisica, ma che ci sia in un certo modo significata la parte attiva che l'occhio prende nella percezione visiva, l'atto del vedere come un'operazione umana» [Nicco Fasola 1942, p. 60]. Quest'osservazione sembra ben descrivere la posizione di Tolomeo, che pur molto vicino alle teorie epicuree e alla concezione del mondo descritta dal *De rerum natura* di Lucrezio, è forse il primo a umanizzare il punto di vista, aggiungendo una decisa componente psicologica alla teoria geometrica classica, e che, per far questo, sposa la teoria emissionista. In Tolomeo, in realtà, confluiscono un po' tutte le posizioni precedenti, non ultima una ripresa – certamente non del tutto consapevole – del mezzo intermedio archimedeo individuabile, nell'*Ottica* dello scienziato alessandrino, nel ruolo della densità dell'aria e nell'importanza da questa assunta nella formazione delle immagini. È Tolomeo il vero tramite tra



la cultura dell'antichità classica e il mondo arabo, la figura attraverso la quale le nostre radici culturali, passando attraverso il Medioevo, sono confluite nel Rinascimento occidentale. Ma il grande apporto di Tolomeo non riguarda più tanto il modello geometrico vero e proprio, che non differisce sostanzialmente da quello euclideo se non per lo studio, non di poco conto, della visione binoculare: egli si discosta dal suo grande predecessore per il fatto, certamente non secondario, che il suo cono visivo è costituito da raggi continui e non discreti come voleva Euclide. Ciò detto, il ruolo di Tolomeo è proprio quello di superare il piano geometrico astratto per arricchire il fenomeno della visione di tutta una serie di apporti che non potranno più, in seguito, essere esclusi dall'ottica, quali la fisicità della visione stessa, il ruolo psicologico dell'osservatore, la matericità dei corpi osservati ma anche quella dei mezzi attraversati dallo sguardo. «Abbiamo la fortuna – scrive Simon – di avere, con l'*Ottica* di Euclide, uno stato precoce, in cui tutte le virtualità della geometria del visibile non sono ancora comparse, e neanche tutti i problemi sono stati sollevati e resi espliciti. Al contrario, con Tolomeo, siamo in presenza di una sintesi assai completa e di più alto livello» [Simon 1988, p. 63].

## L'occhio e la retina

Quanto finora detto riassume, certamente in maniera del tutto incompleta, uno degli aspetti fondamentali dell'ottica antica: si tratta del fatto che, sia per i sostenitori di raggi uscenti dall'occhio, sia per quanti ritenevano che la visione avvenisse per mezzo di simulacri provenienti dagli oggetti, la visione avviene per via rettilinea e in riferimento a un particolare punto dello spazio. Erone giustifica la propagazione rettilinea con il fatto che l'estrema velocità dei raggi visivi non ammetterebbe che il tragitto più veloce, dunque rettilineo; Damiano (Eliodoro) di Larissa (??-III

sec.?) non fa che riproporre questo modello, aggiungendo che è la natura stessa a volere questa velocità; Teone parte dalla constatazione che la luce si propaga per via rettilinea ed estende questa caratteristica anche ai raggi visivi, che non sono che una diversa forma di "luminoso" [Lejeune 1948, p. 38].

Tolomeo sarà il primo, secondo quanto riferito da Damiano, a fornire del fenomeno una lettura sperimentale. Scrive Damiano: «che questa emissione che parte da noi e che abitualmente viene chiamata ὄψις si propaga in linea retta e sotto forma di un cono rettangolo, è stato dimostrato da Tolomeo per mezzo di strumenti nel suo trattato di ottica e può inoltre essere compreso per via di ragionamenti» [Schöne 1987, pp. 4-20] [17].

Che la propagazione per via rettilinea dei raggi visivi fosse una certezza della fisica antica o che questo fosse il modello che meglio approssimava un fenomeno certamente molto complesso, di fatto si tratta di una schematizzazione pienamente ereditata dalla teoria prospettica lineare così come essa si struttura nel corso del Rinascimento. Albert Mark Smith individua, nel modello dei raggi rettilinei, il duale del modello del moto uniforme, necessari entrambi a «salvare le apparenze» e a rendere applicabile rispettivamente al campo dell'ottica e a quello dell'astronomia un più generale principio di regolarità [Smith 1981]. Ecco dunque che Smith riesce a indicare una più che conseguente relazione tra rettilinearità e circolarità, senza chiamare affatto in causa una qualsivoglia sfericità del campo visivo. Il cono visivo, con i suoi raggi rettilinei da una parte e con la loro distribuzione a raggiera intorno a un asse principale dall'altra, sembra dunque riassumere in sé il principio di regolarità di cui la cultura classica ha forte necessità. Può tutto ciò, in qualche modo, essere messo in relazione con la sfericità dell'immagine retinica? La risposta è certamente negativa. Gli studiosi di ottica classica pensano che la retina non appartiene se non in

17. Secondo Lejeune l'espressione «δὶ ὀργάνων» implica che si tratti di almeno due strumenti, uno per dimostrare la propagazione rettilinea del flusso visivo, l'altro per misurare l'estensione del campo visivo: Lejeune 1948, n. 5, pp. 38-39.

maniera tangenziale al mondo antico, al quale sfuggiva il suo ruolo nel processo di formazione delle immagini. La conoscenza del funzionamento dell'apparato visivo era – ai tempi di Euclide ma anche secoli più tardi – piuttosto approssimativa, come ben dimostrano le alterne vicende delle due principali posizioni, quella fondata sulla teoria emissionista e quella che si basa su raggi che penetrano all'interno dell'occhio. Con questo non si intende affermare che l'antichità classica non avesse elaborato un suo modello di sezione del globo oculare, quanto piuttosto che questo modello anatomico, oltretutto inesatto, non trovava riscontro in un parallelo modello funzionale in grado di spiegare il ruolo dei singoli elementi. I primi studi sulla fisiologia dell'organo della vista sembrano essere stati condotti nel corso del V secolo a.C. da Ippocrate (460-370 a.C. ca.), iniziatore della medicina scientifica, che studia le proprietà dell'occhio che permettono la visione. Nel corso del IV secolo a.C. studi di fisiologia della visione furono condotti anche da Democrito e da Erofilo di Calcedonia (intorno al 300 a.C.), medico e fisiologo che dedicò all'occhio un trattato, il *Peri oftalmico*, nel quale erano descritti il nervo ottico e la retina [Incardona 1996, p. 29].

Pur non potendosi stabilire con certezza quale fosse il reale livello di conoscenza dell'apparato visivo dal punto di vista fisiologico e funzionale posseduta nel III secolo a.C. da Euclide, nell'*Ottica* l'occhio, come abbiamo visto, non è che un non meglio precisato punto, che si trova genericamente all'interno di un globo oculare sferico. Quel punto rappresenta l'apice del cono visivo, ovvero il punto in cui convergono, in un modello geometrico astratto e semplice, i raggi visivi.

Nella descrizione euclidea il cono visivo è un cono a falda semplice, poiché i raggi visivi non si prolungano mai oltre il punto-occhio e, nel loro percorso, non incontrano altro che l'oggetto sul quale si vanno a posare. Anzi: forse non è neanche esatto parlare di un "percorso" dei raggi visivi, perché questi sembrano piuttosto

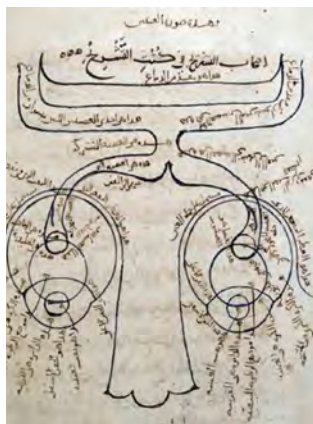


Fig. 13  
Alhazen, funzionamento di occhio  
e visione. MS Fatih 3212, vol. I,  
fol. 81b, Süleymaniye Mosque Library,  
Istanbul.

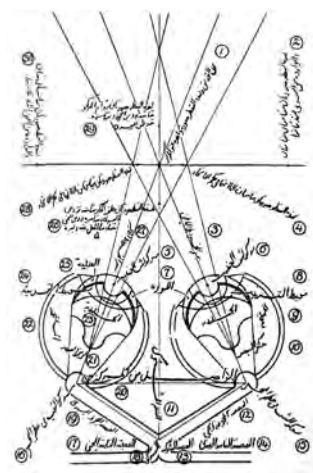
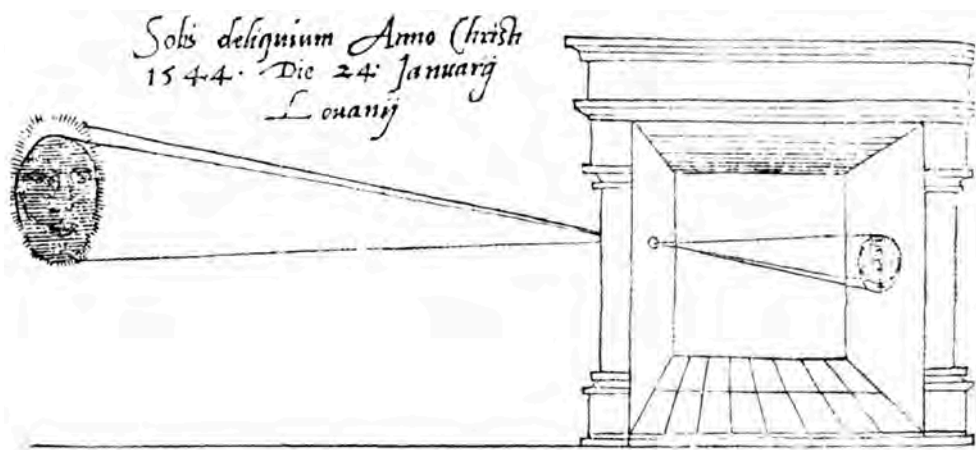


Fig. 14  
Ahmed ibn Muhammed ibn Ja'far,  
funzionamento di occhi e visione.  
I nervi ottici fungono da collegamento  
con il cervello.

sto, nella trattazione euclidea, segmenti che vanno dal vertice dell'angolo, che sottende gli estremi delle cose viste al punto di contatto con il singolo oggetto. E non è neanche esatto parlare di un "cono" visivo, poiché la visione avviene per angoli, quindi in un sistema di scomposizione per piani dello spazio. La mancanza del prolungamento dei raggi e la scomposizione per piani del fenomeno visivo fanno sì che nell'*Ottica* di Euclide non possa mai comparire la sezione del cono visivo per mezzo della superficie retinica.

È proprio per la mancanza del ruolo funzionale della retina – ovvero di una qualche membrana che, per essere interna all'occhio, possa portare al soggetto osservante sensazioni e informazioni riguardanti l'oggetto – che l'antichità sarà portata a rendere tattili, come abbiamo visto, i raggi visivi: se il tramite non si trova oltre l'occhio puntiforme euclideo, esso deve essere materializzato prima di questo punto, nella qualità stessa dei raggi o, analogamente, nella matericità degli "eidola" di natura fisica. Per tutta la fisica classica, dunque, entrambe le teorie, la emissionista e la intromissionista, limitano, di fatto, il fenomeno della visione al rapporto tra mondo fenomenico esterno e occhio. Perché nel processo intervenga un terzo elemento bisognerà attendere ancora a lungo. Intorno all'anno Mille, nell'opera di Alhazen, la funzione di occhio, nervo ottico e cervello nella visione sono chiari, compreso il funzionamento a chiasmo che avviene tra occhio e cervello (figure 13, 14). Ciononostante, nei secoli successivi il ruolo di occhio e cervello nel fenomeno della visione continuerà a oscillare a favore di un maggiore contributo ora dell'uno, ora dell'altro [Pierantoni 1986, p. 13]. Dagli studi quattrocenteschi di Leonardo da Vinci (1452-1519) emerge il suo sforzo per "raddrizzare" una visione che, secondo la legge del foro stenopeico e



della camera oscura, dovrebbe formarsi rovesciata sul fondo dell'occhio (figura 15). Contemporaneamente, nel corso del Cinquecento, André Vésale, o Vesalio (1514-1564), medico personale di Carlo V, studioso e disegnatore di anatomia, pubblicherà un disegno ancora antiquato e inesatto della sezione dell'organo della vista, in cui però la retina appare tanto saldamente connessa al nervo ottico da far pensare che il suo autore ne avesse ben chiaro il ruolo di trasmissione delle sensazioni visive (figura 16) [Pierantoni 1986, pp. 24-27].

Bisognerà però attendere ancora per trovare una posizione sostanzialmente diversa e fondamentalmente moderna: nel corso del 1600, infatti, Kepler comprenderà a fondo il meccanismo che permette alle immagini di apparire diritte non già al nostro occhio, ma al nostro intelletto. Una volta compreso il ruolo fondamentale del nervo ottico nella trasmissione delle informazioni visive al cervello, all'interno del quale l'immagine si ricompone, la retina assume finalmente significato in quanto superficie sensibile in ogni suo punto. L'innovazione di Kepler consiste nel descrivere la visione come originata non da un cono a doppia falda, ma da un dop-

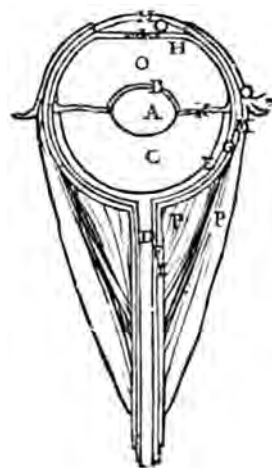


Fig. 15  
Rainer Gemma Frisius (1508-1555), schema dell'*Oculus Artificialis ideato* e descritto da Leonardo da Vinci nel 1515.

Fig. 16  
Andrea Vesalio (1514-1564), schema anatomico dell'occhio.

pio cono, o meglio da due coni aventi in comune la base (figura 17).

A differenza di quanto avviene per il cono visivo euclideo (figura 18), questa base non si trova, per Kepler, sull'oggetto visto, ma all'interno dell'occhio stesso, e coincide con la pupilla. Ogni corpo è costituito da un'infinità di punti che emettono raggi, ovvero semirette infinitamente lunghe che penetrano all'interno dell'occhio dando luogo a un primo cono avente apice nel punto appartenente all'oggetto (**P**) e base sulla pupilla. Da questa base si origina il secondo cono, il cui vertice coincide con un punto **P'** che si trova sulla retina. Perché questo processo possa avere luogo è necessaria la luce.

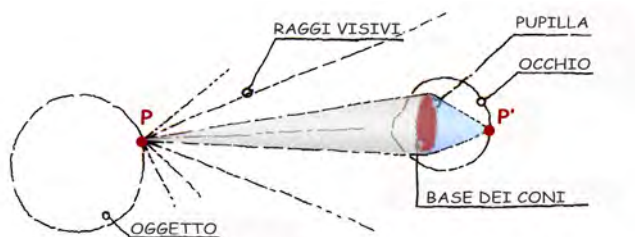


Fig. 17  
Schema del funzionamento  
della visione per Kepler.

La dimostrazione data da Kepler nel 1619 del processo che porta alla formazione dell'immagine retinica comporta senz'altro l'abbandono dei due concetti chiave dell'ottica antica: quello di raggio visivo e quello di cono visivo [Simon 1988, p. 68]. Con Kepler, la retina assume dunque il suo ruolo all'interno del fenomeno della visione: per la prima volta essa appare «come la struttura anatomica dell'occhio destinata a ricevere la luce, mentre tutti gli altri elementi vengono declassati a puri deflettori di raggi luminosi» [Pierantoni 1986, pp. 30, 31].

La distribuzione sulla superficie retinica degli infiniti punti **P'** comporta un immediato confronto con il velo albertiano o, più in generale, con il piano delle immagini di una costruzione prospettica.

A questo punto la prospettiva lineare ha già conosciuto tutte le formulazioni rinascimentali e sta procedendo a vele spiegate verso codifiche sempre più puntuali e raffinate. Dunque, in realtà, sembra proprio che l'immagine retinica, pur considerata, come vuole Panofsky, quale prima e più naturale sezione del cono visivo, abbia ben poco a che fare con il problema prospettico e con le sue origini. La sovrapponibilità dei due fenomeni (luminoso e visivo) era ben chiara sia a Euclide che a Tolomeo, ma sarà solo Kepler a "fondere" il processo, stabilendo le nuove frontiere di una scienza della visione completamente rinnovata. Nell'evoluzione delle conoscenze del fenomeno visivo l'analogia tra raggi visivi e raggi luminosi



Fig. 18  
Schema del funzionamento  
della visione per Euclide.

risulta fondamentale, ma altrettanto fondamentale appare la conoscenza di un punto interno all'occhio posto a una certa distanza dalla retina, che corrisponde al centro ottico di un sistema di lenti, oltre il quale accade ancora qualcosa: senza questo centro di convergenza e senza la distanza che lo separa dalla retina, crolla il discorso dell'immagine retinica come sezione di un cono visivo a doppia falda. Nel momento stesso in cui Euclide portava a coincidere l'apice del suo cono con l'occhio – sia pure con un occhio puntiforme – egli bloccava di fatto la possibilità della formazione di un'immagine generata da una corrispondenza punto per punto tra raggio visivo e superficie retinica.

Neanche Tolomeo dispone di una retina realmente partecipe nel processo di formazione delle immagini, e

per questo ricorrerà alla superficie speculare e ai punti marcati su di essa dai raggi riflessi. Quando Kepler tratta della formazione dell'immagine retinica, egli ha a sua disposizione due secoli di riflessioni sulla natura proiettiva dell'immagine prospettica, ma anche un'ampia serie di esperienze su lenti e cannocchiali e sulla formazione delle immagini ottiche. La differenza sostanziale sta nel fatto che il Seicento sa che la visione è veicolata dalla luce, che è la luce l'elemento che porta l'informazione all'interno dell'occhio: ciò comporta una riflessione sul fatto che attraverso la luce la realtà tridimensionale si trasforma in un'immagine bidimensionale interna al soggetto vedente [Simon 1988, p. 108]. Non è un caso che proprio con il Seicento nascerà la grande stagione di una particolare forma di arte prospettica, quella legata appunto alle strumentazioni ottiche più o meno sofisticate, che prospererà, ancora nel Settecento, grazie al vedutismo e a nomi quali Gaspar van Wittel (1653-1736), Luca Carlevarijs (1663-1730), Antonio Canal 1697-1768), Francesco Guardi (1712-1793) (figura 19).

Nonostante questa evidente impossibilità di legare l'ottica antica al concetto di immagine retinica, sgomberare il campo della questione prospettica dal problema del rapporto tra l'Ottica di Euclide e la formulazione di una teoria prospettica curvilinea risulta quantomeno ostico. Non tanto, come si è detto, per la reale vicinanza dei postulati euclidei

Fig. 19

Antonio Canal: Venezia, Basilica dei Santi Giovanni e Paolo.

Veduta ottenuta accostando quattro disegni eseguiti con camera oscura.





a una inesistente teoria retinico-curvilinea, quanto, piuttosto, per l'innegabile efficacia di una sintesi che sovrappone due concetti diversi e distanti: quello dell'angolo visuale e quello dell'immagine proiettata su una porzione di sfera. Non c'è attenzione di studioso che prevenga da fare confusione su questo punto. Lo stesso Simon, fin qui citato sempre per l'acume delle sue osservazioni e per la corretta chiave di lettura che tende a recuperare la continuità evolutiva delle radici della prospettiva proprio tra Euclide e Tolomeo, incorre poi nella facile equazione *angolare = curvilineo*: «Tutti gli sviluppi di Euclide attestano in ogni caso il fatto che lo sguardo così come egli lo concepisce dà luogo a una prospettiva curvilinea. Poiché niente viene a correggere l'effetto visivo presupposto dei suoi postulati, bisogna prenderlo alla lettera» [Simon 1988, pp. 68, 69].

## L'equivoco del Teorema 8

Come abbiamo visto, esiste un nutrito filone di studiosi che legano la prospettiva antica alla presunta consapevolezza di una visione curvilinea e mettono in relazione la sfericità dell'immagine retinica con le correzioni messe in atto dagli antichi sugli elementi architettonici [Hauck 1879; 1882; Panofsky 1999 (1927)]. Che gli antichi conoscessero le implicazioni relative alla sfericità dell'immagine retinica e del campo visivo sarebbe evidente, nella lettura panofskyana, dallo stesso testo di Euclide [Panofsky 1999 (1927), pp. 43-45]. In particolare, Panofsky sembra ritenere che se la prospettiva centrale a punto di fuga unico [18] non ha potuto svilupparsi nell'antichità è perché questa «contraddiceva uno dei dogmi fondamentali dell'ottica classica» [Panofsky 1960, pp. 121-129]. «Poiché anche la più semplice superficie curva non può essere sviluppata su un piano, nessuna costruzione prospettica esatta – scrive Panofsky – poteva svilupparsi o anche solo essere immaginata fino a che l'esigenza di una costruzione simile non fosse divenuta più forte della magia

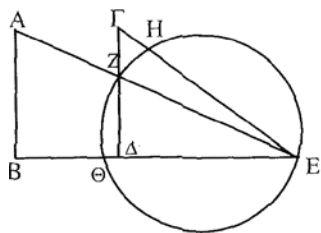
18. Personalmente, non condivido la definizione di “prospettiva a uno/due/tre punto/i di fuga”: nella costruzione prospettica esistono un punto (centro di proiezione) e un piano (quadro), la cui posizione reciproca è indicata dal piede dell'ortogonale condotta dal punto al piano (Punto Principale) e dalla distanza del punto dal piano, misurata sulla stessa retta ortogonale. Esistono invece innumerevoli punti di fuga: uno per ogni direzione che una retta può assumere nello spazio. Quando parliamo di “prospettiva a un punto di fuga” facciamo riferimento alla rappresentazione di uno spazio antropomorfo e in un certo senso “architettonico” e direzionato, dove uno dei piani coordinati, in genere uno dei piani verticali  $xz$  o  $yz$ , risulta parallelo al quadro.

dell'assioma degli angoli, che è il fondamento dell'ottica classica» [Panofsky 1960, p. 129; Tobin 1990, n. 5, p. 16]. E ancora: «attribuendo al campo visivo una configurazione sferica, [la teoria antica] ha tenuto fermo, in tutti i tempi, senza nessuna eccezione, il presupposto che le grandezze visive (in quanto proiezione delle cose sulla sfera oculare) non sono determinate dalla distanza degli oggetti dall'occhio, bensì esclusivamente dall'ampiezza dell'angolo visivo e che perciò, se si ha cura dell'esattezza, i loro rapporti si devono esprimere soltanto mediante gradi angolari o archi di cerchi, non semplicemente mediante misure lineari» [Panofsky 1999 (1927), pp. 45, 46].

Questo irrinunciabile assunto dell'ottica classica, rappresentato dall'"assioma degli angoli," sarebbe desumibile, per Panofsky, dal ben conosciuto *Teorema 8* dell'*Ottica* di Euclide [Tobin 1990, p. 14], che definisce i termini del rapporto esistente tra gli angoli visivi e le grandezze apparenti che essi sottendono e la distanza dal vertice del cono visivo, negando la diretta proporzionalità. Ma resta da chiedersi se il *Teorema 8* è davvero sufficiente a far pensare a una visione sferica, con tutte le conseguenze sul piano prospettico che ne derivano.

Nella traduzione di Francesca Incardona, il *Teorema 8* afferma che «grandezze uguali e parallele poste a distanze diverse dall'occhio non vengono viste in maniera proporzionale alle distanze» [Euclide 1996, p. 110] (figura 20). La letteratura critica ha ampiamente dibattuto sul significato di questa affermazione euclidea e dei suoi possibili significati nell'ambito di un confronto con gli assunti di base della teoria prospettica lineare. Appare immediatamente evidente, in realtà, come nella formulazione euclidea non compaia, nella definizione di questo assioma, alcuna operazione di sezione, né curvilinea né piana. Per quanto possa essere dato per certo che la teoria prospettica lineare è in grado di stabilire un rapporto proporzionale stretto e immediato tra grandezze reali e grandezze apparenti, questo

Fig. 20  
Euclide, *Ottica*: Teorema 8.



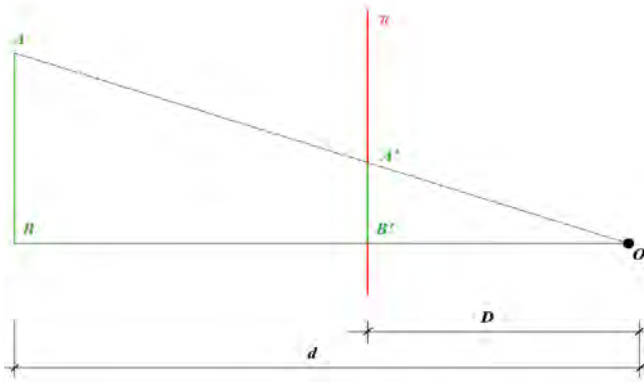


Fig. 21  
Schema di costruzione  
di una prospettiva lineare.

rapporto presuppone un irrinunciabile ruolo di mediazione da parte di un terzo elemento fondamentale: il piano di quadro o piano delle immagini. Per bloccare il rapporto tra occhio e piano sezione viene introdotta quella che oggi chiamiamo “distanza principale” [cfr: Fasolo, Migliari 2022, pp. 8, 9], che assume, matematicamente parlando, la funzione di termine noto della proporzione. Sia dato il segmento oggetto  $AB$ , l'osservatore-centro di proiezione  $O$  e un piano di quadro  $\pi$  sul quale si forma l'immagine  $A'B'$  di  $AB$  (figura 21). Siano  $d$  la distanza dall'oggetto dal centro di proiezione posto in  $O$  e  $D$  la distanza principale misurata sull'ortogonale da  $O$  a  $\pi$ .

Si ha:

$$AB/A'B' = d/D.$$

In questa espressione  $D$  rappresenta certamente un termine noto. Inoltre, a seconda dei casi, possono essere noti la grandezza reale dell'oggetto  $AB$ , la grandezza della sua immagine  $A'B'$ , la distanza  $d$  dell'oggetto dal centro di proiezione  $O$ , oppure, il che è lo stesso, dal quadro  $\pi$ , data da  $(d - D)$ . La costruzione prospettica è risolta (ovvero la prospettiva risulta “orientata”) se oltre a  $D$  possiamo dare per note almeno due delle altre tre grandezze [19].

19. Anche la distanza principale  $D$  può comparire come incognita del problema prospettico: in questo caso si può parlare di “problema inverso” della prospettiva. Note le altre tre grandezze,  $D$  risulta facilmente determinabile.

Ma tutto questo è realmente contraddetto dal *Teorema 8* dell'*Ottica* di Euclide?

Certamente no, come dimostra la figura 22, che sovrappone la precedente costruzione al disegno del trattato di Euclide. Solo con l'introduzione del piano sezione si ha infatti la possibilità di confrontare grandezze apparenti effettivamente proporzionali alla distanza dell'oggetto dall'occhio: ciononostante, resta valido il fatto che il piano sezione intercetta i raggi visivi (o le rette proiettanti, che dir si voglia) che dall'occhio-centro di proiezione raggiungono gli estremi dell'oggetto. Relativamente alla figura 22 si ha:

$$AB/d = A'B'/D \text{ e } GH/d^* = G'H'/D,$$

dove  $d^*$  è la distanza di  $GH$  da  $O$ . Essendo  $AB = GH$ , e poiché il termine  $D$  è comune alle due equazioni, si ha ancora:

$$A'B'/G'H' = d^*/d$$

espressione che, in una corrispondenza prospettica, stabilisce il rapporto di inversa proporzionalità tra immagini di segmenti di eguale grandezza e rispettive distanze dal centro di proiezione.

Di fatto, a partire dagli anni Ottanta del secolo scorso, l'effettiva possibilità di una pacifica coesistenza tra il Teo-

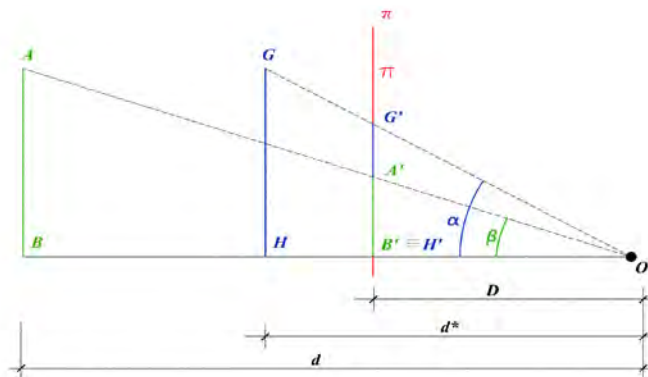


Fig. 22  
Sovrapposizione tra le figure  
20 e 21.

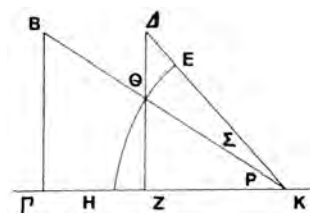
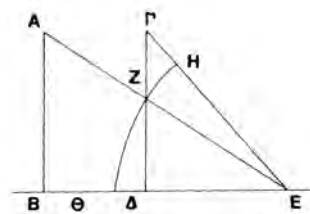
rema 8 e le leggi della prospettiva lineare è stata più volte analizzata dagli studiosi: abbiamo citato gli studi di C.D. Brownson e di Smith e la lettura di Richard Tobin [Brownson 1981; Smith 1981; Tobin 1990]. È proprio Tobin che, proponendo un attento confronto tra l'*Ottica* teonina e la versione definita "genuina", arriva alla conclusione che se Panofsky cade in una errata interpretazione del Teorema 8 è perché prende in considerazione esclusivamente la versione trunca tramandata da Teone. Una lettura attenta dell'edizione Heiberg suggerisce innanzitutto una distinzione tra ciò che è l'immagine recepita dall'occhio (*οράται*) e la percezione dell'immagine, ovvero ciò che appare all'osservatore (*φαίνεται*), ma permette anche di giungere alla conclusione che l'*Ottica* di Euclide non solo non contraddice la costruzione prospettica centrale, ma, addirittura, ne suggerisce la conoscenza da parte degli antichi [Tobin 1990, pp. 18-20] e arriva a ricostruire un metodo pratico per la realizzazione di una prospettiva centrale per mezzo di dati grafici ricavati da diversi teoremi e diagrammi presenti nel trattato euclideo. Dal confronto tra le due versioni del trattato di Euclide emerge dunque la scarsa esattezza della riproposizione teonina di un testo di circa cinque secoli prima, scarsa esattezza peraltro da tutti accettata proprio a partire dall'edizione di Heiberg ed evidente, in particolare, proprio dalla lettura del Teorema 8, che Tobin mette a confronto nelle due versioni (figure 23, 24). In particolare, Tobin sottolinea il fatto che un attento raffronto fra i due testi metterebbe chiaramente in luce la chiave di lettura più corretta per la versione genuina: l'intenzione di Euclide, infatti, sarebbe quella di negare che le due grandezze prese in esame (uguali, parallele e poste a distanze diverse dall'occhio) siano effettivamente proporzionali «come avviene per l'apparenza» («λέγω, ὅτι οὐκ ἔστιν, ὡς φαίνεται ἔχουσιν») [Tobin 1990, p. 19]. In altre parole, Euclide intenderebbe compiere una sottile distinzione tra ciò che è percepito dall'osservatore ("φαίνεται", appunto) e ciò che può essere misurato attraverso rapporti dimensionali, ovvero attra-

Fig. 23

Euclide, *Ottica*: Teorema 8. Versione del MS. Vat.gr. 1039.

Fig. 24

Euclide, *Ottica*: Teorema 8. Versione del MS. Vat.gr. 204.



verso l'ampiezza degli angoli sottesi. Da un punto di vista metrico, due segmenti uguali e paralleli danno luogo ad angoli visivi non proporzionali alla distanza tra i segmenti stessi e l'occhio nonostante essi appaiano all'osservatore in maniera inversamente proporzionale a questa distanza. Questa lettura del testo euclideo è legata a una sofisticata analisi dell'impiego dei termini “*οράω*” e “*φαίνω*.” Nel contesto dell'intera *Ottica* il verbo “*οράω*” sembra essere impiegato per indicare l'immagine che si forma nell'occhio per mezzo dei raggi visivi che sottendono il relativo angolo visivo. Si tratta, dunque, dell'atto di vedere inteso nel senso di collegare occhio e oggetto per mezzo di raggi. Il termine “*φαίνω*” è invece relativo all'apparenza intesa come rapporto tra il reale e il percepito [20]: il modo in cui l'oggetto effettivamente appare all'osservatore. Se “*οράω*” misura, “*φαίνω*” interpreta. La distinzione, sottile ma non secondaria, appare evidente laddove Euclide intende, di fatto, rimarcare la discrepanza esistente tra l'oggetto reale e la sua apparenza [Tobin 1990, n. 29, p. 22], ma la si perde nel testo di Teone, a causa della semplice omissione del riferimento alle apparenze, del confronto tra la cosa reale e la cosa vista. Teone, di fatto, avrebbe copiato il testo euclideo senza comprendere l'importanza della distinzione terminologica. Anche alla luce di questa distinzione tra visione e percezione, il *Teorema 8* diventa dunque, per Tobin come per Panofsky, uno dei luoghi salienti del testo di Euclide: i due studiosi concordano sul fatto che vi si possa ritrovare uno dei dogmi fondamentali dell'ottica antica [Panofsky 1999 (1927), p. 128].

Se Panofsky identificava questo dogma con l'assioma degli angoli, Tobin sottolinea il fatto che si tratta di un principio degli angoli visivi che abbraccia sia l'immagine così come essa appare (“*φαίνεται*”), che come è registrata dall'occhio (“*οράται*”), risultando dunque comune tanto all'immagine vista che a quella percepita. Ma, in questa chiave di lettura, quel “*ως φαίνεται έχου*”, presente nell'edizione genuina del *Teorema 8*, allude chiaramente a

20. In diversi teoremi Euclide usa “*οράω*” per “*φαίνω*”: in questo caso egli intende sottolineare la relazione geometrica tra ciò che appare (“*οράται*”) e ciò che è realmente visto (“*φαίνεται*”): cfr. Tobin 1990, p. 22.

un'opinione assodata e comune, evidentemente diffusa ai tempi di Euclide, una posizione che ammette l'esistenza di un rapporto proporzionale tra l'oggetto visto e la sua distanza dall'occhio.

Resta da capire chi potesse ritenere assodata una simile relazione. Non certo i matematici, sostiene Tobin: dunque sicuramente artisti e scenografi, come aveva già notato Gioseffi [Gioseffi 1963, col. 132]. Allora, conclude Tobin, siamo autorizzati a pensare che «Euclide sta qui rendendo noto che il “principio” di inversa proporzionalità delle grandezze viste – la cui validità egli nega sia per l'immagine vista che per quella percepita – è ritenuto valido dalla teoria prospettica e dalla pratica corrente ai suoi tempi, contrariamente a quanto stabilito da uno dei dogmi fondamentali della teoria ottica» [Tobin 1990, p. 24].

Riguardo all'ipotesi dell'esistenza di una *communis opinio* che lega la grandezza delle cose viste alle rispettive distanze dall'occhio in un rapporto di inversa proporzionalità, e riguardo al fatto che questa nozione fosse propria dell'operazione pittorica o scenografica, ricordiamo che una constatazione analoga la si era già ritrovata nelle osservazioni di Lejeune laddove il filologo belga ripropone la lettura del trattato di Euclide a opera di Venturi, che ipotizza che esso rappresenti un tipo evoluto di precedenti trattati di prospettiva pittorica e scenografica [Venturi 1814, pp. 6 e ss.: cfr. Lejeune 1948, p. 932].

Ci troviamo dunque di nuovo di fronte a un'ipotesi in cui sarebbe esistita una “prospettiva che precede”. Anche Tobin è giunto alla conclusione che nel tardo IV secolo a.C. i pratici della prospettiva o, quantomeno, un ampio gruppo di essi, possedessero un metodo di proiezione centrale che si allontanava in maniera vistosa da uno dei principi dell'ottica classica, ignorando la proporzionalità diretta tra le immagini visive degli oggetti e gli angoli sottesi dai raggi visivi, in favore di una proporzionalità inversa tra immagini apparenti e distanze dall'occhio [Tobin 1990, p. 25].

Ma Tobin sembra voler forzare la lettura del testo euclideo quando afferma che Euclide nega proprio questa inversa proporzionalità, tanto per l'immagine vista quanto per quella percepita. Si tratta di una precisazione che appare tanto più infondata se vogliamo credere che nel concetto di "immagine vista" ("opáw") è implicito il concetto di "misura". Tale forzatura da parte di Tobin appare, ancora una volta, mirata a dare giustificazione di una visione curvilinea che sembra così rientrare dalla finestra dopo essere stata scacciata dalla porta. «In altre parole, – conclude infatti Tobin – [i pittori] sostituivano uno schermo piatto allo schermo curvo della visione» [Tobin 1990, p. 25].

È su questa equazione *proporzionalità inversa* = *schermo piano* (e, di contro, *assenza di rapporto proporzionale* = *schermo curvo*) che non posso essere d'accordo. In particolare, come si è già detto, sul concetto di schermo curvo come immediata conseguenza di una visione descritta per angoli. Non dobbiamo infatti dimenticare che un angolo è una porzione di piano, ed Euclide, che ne è ovviamente ben consapevole, riduce tutte le questioni relative alla visione a problemi piani, risolvibili proprio all'interno del piano descritto da due raggi visivi proiettanti gli estremi di un medesimo oggetto (segmento) e convergenti in un vertice: l'occhio.

L'equivoco del *Teorema 8* e la teoria panofskyana dell'esistenza di una antica teoria prospettica curvilinea sembrano, come si è detto, la buccia di banana sulla quale tanta sofisticata critica non riesce a non confrontarsi.

Lo stesso Simon non può non notare come siano da ricercare in Euclide «le basi per la prospettiva naturale degli antichi» [Simon 1988, p. 67], basi impostate fin dalla *Premessa quarta*, che recita: «e che le cose viste sotto angoli più grandi appaiono più grandi, quelle viste sotto



angoli più piccoli più piccole, e uguali quelle viste sotto angoli uguali» [Euclide 1996, p. 101]. «Mettendo avanti la nozione di angolo visivo, e non quella di distanza metrica, – scrive Simon – Euclide è portato a calcolare la grandezza apparente degli oggetti in funzione della distanza, secondo principi diversi rispetto a quelli che fisserà infine il Rinascimento. Per lui la grandezza apparente non è inversamente proporzionale alla distanza, ma direttamente proporzionale all'angolo sotteso. Questa prospettiva angolare (o curvilinea) comporta risultati diversi dalla nostra costruzione lineare. Euclide lo dimostra espressamente nel suo *Teorema 8*, appoggiandosi al fatto che la grandezza apparente calcolata secondo la distanza diminuisce più velocemente che calcolata secondo gli angoli» [Simon 1988, p. 67]. Ma Euclide – sembra dimenticare Simon – esclude la prospettiva tanto quanto l'immagine pittorica, concentrandosi esclusivamente sulla visione. Il confronto tra l'immagine retinica e quella pittorica ha sempre stimolato gli studiosi di storia dell'arte, così come il confronto tra macchina fotografica e occhio, e questo risulta comprensibile. Molti, ancora oggi, dibattono sul significato dell'immagine retinica. Se per Richard L. Gregory «le immagini retiniche non sono immagini per il proprietario dell'occhio» e non possono quindi essere, a loro volta, oggetto di visione, James J. Gibson distingue tra, “*visual field*”, e “*visual world*” [Gregory 1966; Gibson 1950; 1972]: il primo corrisponde all'ampiezza del campo visivo e il modello della retina, il secondo rappresenta «un modello visivo costante che corrisponde agli oggetti percepiti» [Brownson 1981, n. 13, p. 170]. «Ma – ammonisce Brownson – l'immagine retinica non ha alcun ruolo nell'ottica di Euclide»: se la retina è approssimabile a una superficie sferica misurabile in radianti, allora in questo, e solo in questo, essa è assimilabile agli angoli visivi euclidei [cfr. Brownson 1981, p. 170]. Già quasi mezzo secolo prima Gioseffi era stato chiaro: «sul postulato degli angoli non c'è, in verità, molto da

aggiungere [...]. L'incompatibilità di tale postulato con la prospettiva piana, più che apparente (secondo l'osservazione del Beyen) è affatto insussistente». D'altronde esso «è vero oggi, come era vero ai tempi di Euclide. Ma non contraddice alla prospettiva» [Gioseffi 1957, p. 25]. Come dar torto a questa affermazione?

Proviamo, d'altronde, a scindere l'operazione prospettica nelle sue due fondamentali operazioni di *Fase 1. Proiezione* (degli oggetti da un centro di proiezione) e *Fase 2. Sezione* (dei raggi con una qualsivoglia superficie, piana o curva). Appare evidente che, limitatamente alla *Fase 1*, l'operazione di proiezione di un segmento da un punto (o centro) è un'operazione che avviene nel piano individuato dai due raggi proiettanti gli estremi del segmento stesso e per definizione incidenti nel centro di proiezione secondo un angolo che coincide con l'angolo visivo euclideo.

La *Fase 1* di un'operazione prospettica rispetta e inverte il postulato degli angoli. Dovunque andrò a posizionare la superficie sezionante (quadro) (*Fase 2*), l'immagine del segmento sarà rappresentata dall'intersezione tra tale piano e il quadro, ovvero dall'intersezione del quadro con tutte le rette del piano proiettante passante per il centro di proiezione e comprese tra i due raggi proiettanti gli estremi del segmento-oggetto.

Ma qual è la superficie selezionante più corretta? Quello che è certo è che non sarà Euclide a fornire una risposta evidente a una domanda che non appartiene all'impostazione della sua *Ottica*. Noi sappiamo che la scelta di un quadro piano darà luogo alla teoria prospettica lineare, ma sappiamo anche che questa teoria può essere estesa per applicarla a qualsiasi superficie-quadro, anche curva. Inoltre, come avremo modo di notare, sembra che anche in Euclide sia possibile rintracciare, opportunamente separate, una *Fase 1*, che potremmo definire "di confronto", e una *Fase 2*, prettamente metrica.

## L'Ottica euclidea e la prospettiva curvilinea

Una prospettiva è curvilinea se è curva la superficie con la quale viene operata la sezione delle rette proiettanti: questo avviene in Euclide? Mai. Nelle sue dimostrazioni, Euclide ricorre in diverse occasioni all'impiego di circonferenze che, di fatto, sembrano intercettare i raggi visivi: siamo però sempre all'interno di una perfetta coerenza con il modello degli angoli. Se nell'*Ottica* si ricorre a una sezione curva è perché nell'ampiezza degli archi possiamo leggere l'ampiezza degli angoli che li sottendono, e dal confronto tra gli angoli possiamo dedurre cosa apparirà più grande, cosa più piccolo. Sono gli angoli che forniscono questa informazione, non gli archi, utilizzati come semplici strumenti grafici di supporto geometrico alla dimostrazione. Tanto questo è vero, che le circonferenze utilizzate da Euclide (si vedano i *Teoremi 7, 8*, figure 20 e 25) non hanno niente a che fare con il nostro concetto di piano sezione: innanzitutto esse passano per l'occhio (spesso individuato dal punto *E*, lettera dell'alfabeto greco probabilmente legata all'iniziale del termine “*εἶδος*”, “vista”), in secondo luogo non hanno alcun rapporto con la distanza fisiologica occhio-retina (come potrebbero, se il ruolo della retina non è noto?), ma il loro diametro è fissato di volta in volta in maniera funzionale alla dimostrazione in relazione all'oggetto da misurare (o, meglio: agli oggetti da confrontare, nei due casi citati rappresentati dai segmenti *AB* e *ΓΔ*). Questa circonferenza strumentale individuata da Euclide “funziona”: confrontare l'ampiezza dei due angoli aventi medesimo vertice equivale chiaramente a confrontare gli angoli da essi sottesi su una circonferenza passante per il vertice stesso. Se invece di chiamare “occhio” il punto che Euclide indica con la lettera *E* (il vertice degli angoli), volessimo chiamarlo “centro di proiezione”, in analogia con uno degli elementi fondamentali di una costruzione prospettica

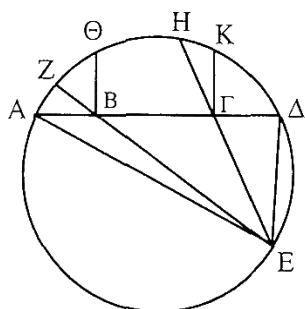
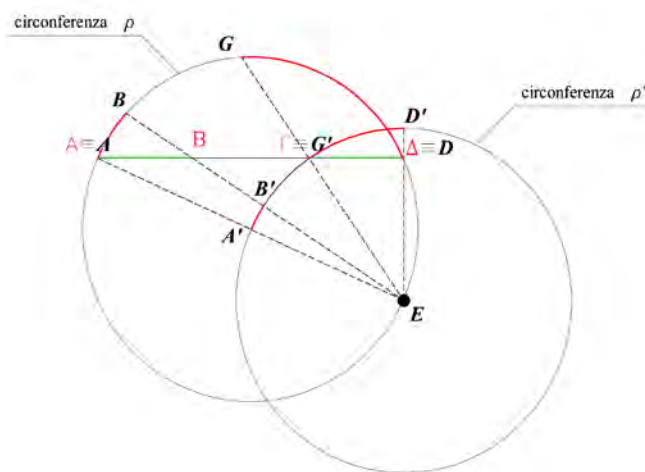


Fig. 25.  
Euclide, *Ottica*: Teorema 7.

Fig. 26. Rapporto tra angoli visivi e archi sottesi.



lineare, questo punto manterrebbe le stesse caratteristiche: fino a quando non viene inserito il concetto di sezione i due modelli sono sovrapponibili. Introducendo il concetto di sezione si deve stabilire se questa sarà piana o sferica. Se la sezione è piana vanno stabiliti altri criteri che blocchino il riferimento in maniera inequivocabile. Se invece è sferica, dobbiamo stabilire il diametro e il centro della circonferenza su cui operare da un punto di vista grafico. Perché, dal modello euclideo, dovrebbe essere lecito giungere a una sezione circolare con centro proprio in  $E$ ? Che cosa ci autorizza a stabilire il raggio di questa circonferenza, che dovremmo supporre comune al piano dello sguardo e a una qualche superficie sferica? Da un punto di vista astrattamente geometrico, lo spostamento della circonferenza – che passa dall'appartenere all'occhio, come nei grafici euclidei, all'essere concentrica all'occhio stesso – non varia in maniera sostanziale il modello. Siano  $AB$  e  $\Gamma\Delta$  due segmenti-oggetto uguali e paralleli e  $\rho$  la circonferenza passante per i tre punti  $E, A, \Delta$ , utilizzata da Euclide a dimostrazione del suo *Teorema 7* (figura 26). I raggi visivi proiettanti gli estremi dei due segmenti individuano su  $\rho$  i due archi  $AB$  e  $GD$ .

Sia ora  $\rho'$  una seconda circonferenza di raggio pari alla prima ma con centro coincidente con  $E$ . I raggi visivi che abbiamo già considerato individueranno su  $\rho'$  una seconda coppia di archi di circonferenza  $A'B'$  e  $G'D'$  tali che (per le note proprietà della circonferenza):

$$AB/A'B' = GD/G'D' = 2.$$

Due raggi visivi uscenti da  $E$  individuano su  $\rho$  archi doppi rispetto a quelli che gli stessi raggi individuano su  $\rho'$ . In entrambi i casi, dunque, si mantiene intatto il rapporto proporzionale tra gli angoli compresi tra due raggi e gli archi che questi intercettano sulle due circonferenze.

Si noti, inoltre, che solo se la sfera ha centro nell'occhio tutti i piani dello sguardo (proiettanti) la sezioneranno secondo circonferenze uguali (massime). Nel caso proposto da Euclide, passando la circonferenza per l'occhio, anche un'eventuale sfera di cui la circonferenza costituisce la sezione piana passerebbe per l'osservatore, con la conseguenza che per ogni piano proiettante resterebbe da determinare il raggio della relativa circonferenza-sezione, risultando queste tutte diverse tra loro. Il riportare a misure angolari questo confronto permette a Euclide di non trasferire immediatamente la questione sul piano metrico, di non stabilire, cioè, quanto un'immagine apparirà grande, ma solo se apparirà più o meno grande di un'altra, più o meno alta, più o meno spostata a destra o a sinistra. Il riferimento euclideo, come appare evidente, è esterno, non interno all'occhio o, in ogni caso, al soggetto osservante, del quale resta solo un vago concetto di occupazione di un punto dello spazio. Anche Brownson nota come l'angolo visivo di Euclide possa, ancora oggi, costituire una valida alternativa, in termini matematici, all'immagine retinica: «l'angolo visivo è dunque l'equivalente matematico dell'analogo stimolo visivo. Ma Euclide non poteva avere, sull'angolo visivo, queste conoscenze»

[Brownson 1981, p. 166 e n. 4, p. 166].

## I teoremi prospettici dell'Ottica euclidea: il piano e lo specchio

Dunque nell'Ottica di Euclide compare una sezione dei raggi visivi effettuata con l'ausilio strumentale di una circonferenza, ma questa circonferenza non rappresenta né allude in alcun modo a una superficie sferica, poiché le dimostrazioni avvengono nel piano rappresentato dall'angolo i cui lati proiettano gli estremi del segmento-oggetto e convergono nel punto-occhio.

Un'altra sezione dei raggi visivi mediante l'inserimento nel modello di un segmento compare nel *Teorema 10*, non tanto nell'enunciato, quanto piuttosto nel procedimento utilizzato nella sua dimostrazione (figure 27, 28). Nella traduzione di Incardona il testo del *Teorema 10* recita: «tra piani che giacciono sotto l'occhio quelli [più] lontani appaiono più in alto» [Euclide 1996, p. 111].

Notiamo, innanzitutto, che nella dimostrazione che segue Euclide fa in realtà riferimento a un unico piano *BEF* posto al di sotto della quota dell'occhio, individuato dal punto *A* (si faccia riferimento alla figura 28). Il piano è evidentemente dato in una vista laterale poiché è rappresentato come una retta.

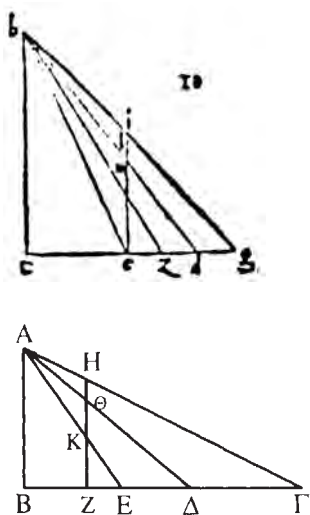
Del piano *BEF* vengono proiettati nell'occhio punti sempre più distanti dal punto *B*, piede della perpendicolare condotta da *A* al segmento stesso: la dimostrazione si propone di verificare il fatto che, tra i segmenti individuati da coppie di questi punti, quelli più lontani dall'osservatore sono visti più in alto. L'enunciato sembrerebbe allora doversi rileggere come segue: “relativamente ai piani posti più in basso rispetto all'occhio si ha che le grandezze (segmenti) più distanti dall'occhio appaiono più in alto”. Questa interpretazione del testo euclideo coincide con quella dell'enunciato se si tiene conto del fatto che per Euclide gli enti geometrici non sono grandezze infinitamente estese: come una retta è descritta da un segmento, così un piano è, in realtà, una porzione

Fig. 27

Euclide, Ottica: Teorema 10. Versione edizione Danti 1573.

Fig. 28

Euclide, Ottica: Teorema 10. Versione edizione Euclide 1996.



limitata di piano. La dimostrazione si serve dunque dei raggi visivi  $AE$ ,  $AD$ ,  $AF$ , ma, soprattutto, si serve di un segmento ausiliario  $HZ$ , ortogonale al piano oggetto. Partendo dall'alto, i tre raggi visivi staccano su  $HZ$  i segmenti  $H\Theta$  e  $\Theta K$ . Il segmento oggetto  $\Delta\Gamma$ , che si trova più lontano dall'occhio, individuerà su  $HZ$  un segmento posto più in alto rispetto agli altri.

Un procedimento analogo potrebbe essere ripetuto nella dimostrazione del *Teorema 12* [Euclide 1996, p. 112], cosa però che Euclide non fa [21].

Il primo a chiamare in causa l'uso di una retta sezionante i raggi visivi nel *Teorema 10* dell'*Ottica* sembra essere stato Gezenius Ten Doesschate, citato da Beyen [cfr. Beyen 1939, n. 6, col. 67]. Per Beyen è evidente che la linea  $HZ$  rappresenta «una linea di costruzione, che coincide con la nostra traccia del piano di quadro» [Beyen 1939, col. 67]. Dunque non solo Beyen parla di un segmento sezionante, ma in questo segmento ritiene di poter individuare la rappresentazione di un piano visto di profilo che corrisponde addirittura al piano di riferimento orizzontale della costruzione prospettica. Questa interpretazione, che a volte è sembrata forzata, è resa del tutto plausibile proprio dall'impostazione stessa del teorema: Euclide dice chiaramente che  $BE\Gamma$  deve essere interpretato come un piano, pur rappresentandolo come segmento.

Avremo modo, d'altronde, di notare l'uso, da parte di Euclide, di un'analogia rappresentazione del piano quantomeno nel *Teorema 20*, ma anche nel *Teorema 19*, in cui il piano è dato attraverso una superficie speculare, rappresentata, anch'essa, di profilo. Che l'acuta osservazione riguardo l'uso di un piano sezione nell'*Ottica* di Euclide sia legata agli studi di Beyen non può stupire, dal momento che è proprio allo studioso tedesco che si deve l'aver chiamato in causa, all'interno della "questione" della prospettiva antica, la figura di Tolomeo e il fondamentale ruolo che la sua catottrica (ma, aggiungerei, anche la sua ottica più generale) avrebbero svolto nella formulazione della teoria prospettica, poi-

21. Come nota Incardona, il *Teorema 12* costituisce una sorta di ripetizione del più noto *Teorema 6*, con la particolarità che non vi è fatto cenno al parallelismo tra i due segmenti che potrebbero, quindi, risultare convergenti: cfr. Incardona 1996, n. 27, p. 149.

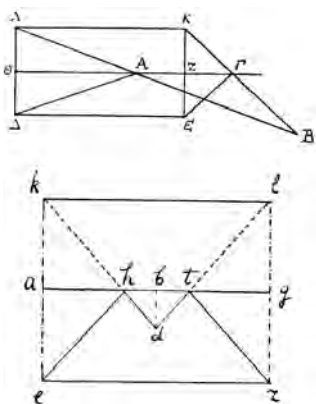


Fig. 29  
Beyen 1939: costruzione  
di un'immagine riflessa: in basso,  
secondo Euclide;  
in alto, secondo Tolomeo.

ché «esiste una stretta correlazione tra ottica, catottrica e scenografia, che insieme fanno un'unica scienza di carattere prevalentemente matematico» [Beyen 1939, col. 66].

Beyen, probabilmente, forza l'interpretazione nella direzione di una certa conoscenza da parte di Euclide delle regole della prospettiva piana, ma quello che è certo è che nei teoremi qui sopra chiamati in causa l'assioma degli angoli non fa la sua comparsa. Se Euclide conosce una prospettiva, questa è piana. La relazione con la formazione delle immagini speculari è evidente, e, se l'analogia è lecita, lo specchio che Euclide introduce in questi teoremi – che sono anche noti come i “teoremi prospettici” – non è concavo né convesso. La stretta correlazione tra visione reale e immagine speculare comparirà, diversi secoli dopo, nel poema di Tito Lucrezio Caro [Lucrezio, IV. 269 e ss.: cfr. Beyen 1939, col. 67]. Le immagini costruite secondo le leggi della catottrica da Tolomeo «sono, a meno di piccole modifiche, utilizzabili per l'immagine prospettica; la linea che, nella catottrica, definisce lo specchio piano, nella scenografia poteva assumere il ruolo di piano di quadro» [Beyen 1939, col. 67] (figura 29).

Va detto che è stato sempre Beyen ad aver chiamato in causa, a proposito di costruzione prospettica, l'impiego da parte di Tolomeo di una proiezione centrale, ampiamente utilizzata, nell'antichità, in ambito astronomico e geografico [22].

## La prospettiva tra visione e misura

22. A tale proposito si vedano la *Geographia* e il *Planisphaerium* di Tolomeo. La notazione di Beyen ha trovato ampio seguito, ad esempio, negli studi di Rocco Sinisgalli. Cfr., tra gli altri, Sinisgalli, Vastola 1992; Sinisgalli 1995, pp. 21-23; Sinisgalli 2012; Valerio 1995.

Come è noto, la visione euclidea avviene per angoli: quello che Euclide confronta e sottopone ad analisi sono gli angoli visivi sottesi da coppie di raggi. Questi raggi vanno a lambire gli oggetti dello spazio reale, descrivendo quello che Euclide chiama «il contorno delle cose viste» [Euclide 1996, *Premessa* II, p. 101] e che noi definiremmo “contorno apparente”.



Il modello euclideo, più volte descritto nelle pagine precedenti, riduce gli oggetti a una serie di curve e segmenti che, nel loro complesso, descrivono quella linea che, dal punto di osservazione monoculare, separa il corpo dallo spazio circostante. Ogni tratto di questo contorno sarà colpito da una serie di raggi visivi: i due raggi più esterni danno luogo all'angolo sotteso. Chiaramente, il problema si limita al piano se la linea in questione è una retta o un segmento, oppure se appartiene al piano dello sguardo. Nella maggior parte dei casi, le esemplificazioni di Euclide riguardano segmenti. «È d'altronde sintomatico – scrive Simon – che Euclide tratti sempre di grandezze, e mai di cose; le rare allusioni concrete, corde tese o ruote di carro, non si trovano che in alcuni lemmi o corollari» [Simon 1988, p. 70] [23].

La definizione di immagine di un corpo come immagine di una linea che appartiene al corpo, ma che, contemporaneamente, è relativa alla posizione reciproca assunta da oggetto e osservatore, non può certo essere ascritta a Euclide. La pittura faceva già ampio uso del concetto di *silhouette*, come ci ricorda la leggenda relativa alle origini della pittura per mano della figlia del vasaio, che traccia il contorno dell'ombra dell'amato che si proietta sul muro (figura 30) [24]. Quella raccontata anche da Plinio non è che una leggenda, evidentemente, ma racconta di come l'arte pittorica facesse da sempre ampio uso di una qualche forma di contorno apparente. L'operazione di Euclide consiste nel sistematizzare questo concetto, nell'inserirlo in un contesto organico e, forse, nell'associarlo in maniera inconfutabile al concetto di visione, in un percorso che, ancora una volta, parte dalla pittura come esperienza del reale per arrivare all'ottica come sistematizzazione scientifica delle informazioni visive. Possiamo dire con certezza che la teoria prospettica, che la si ritenga anteriore a Euclide o di molto posteriore, ha certamente fatto suo



Fig. 30  
David Allen, *L'origine della pittura*,  
1775. Stampa 1765-1815.  
(The British Museum,  
1873,0712.373).

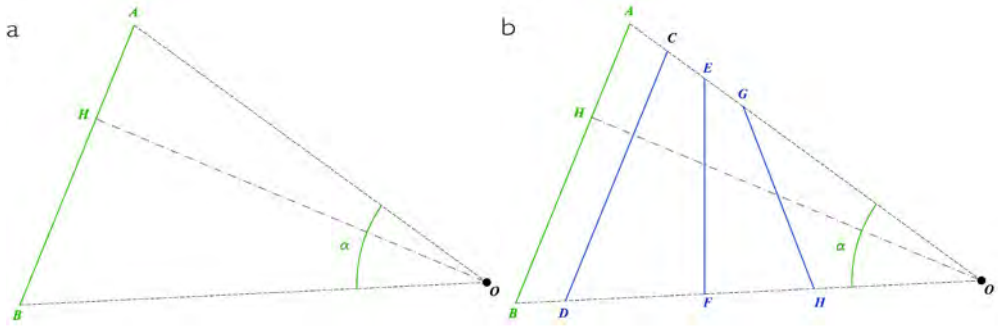
23. Forse non si può considerare casuale neanche il fatto che Euclide chiami in causa proprio le ruote di carro, che, insieme agli scudi, costituiscono una delle applicazioni degli sforzi che l'antichità, soprattutto greca, ha compiuto nella complessa rappresentazione della circonferenza vista di scorcio.

24. La storia è stata raccontata da molti autori. Si veda, ad es., Plinio 2000, XXXV.15-16.

questo fondamentale processo di discretizzazione del reale.

In una chiave di lettura del fenomeno visivo basata sul confronto tra ampiezze angolari, assume scarsa o nulla importanza la posizione effettivamente assunta dall'oggetto nello spazio, poiché se al nostro occhio appariranno uguali oggetti visti sotto angoli uguali, ciò può verificarsi anche per oggetti dimensionalmente molto diversi gli uni dagli altri o per oggetti aventi diversa disposizione nello spazio. In questo contesto, come abbiamo avuto modo di notare, Euclide non può e non vuole fare affidamento sulla misura. Egli deve invece ricorrere al confronto: in determinate condizioni, tra due segmenti uguali e paralleli uno apparirà maggiore o minore dell'altro, più in alto o più in basso, spostato verso destra o verso sinistra. Quindi, innanzitutto, Euclide è consapevole della necessità di confrontare elementi effettivamente confrontabili: trattandosi di segmenti, sarà opportuno sceglierli paralleli. Se così non fosse – lo sa Euclide ma lo sappiamo bene anche noi – la questione rimarrebbe indeterminata. Sia dato un segmento **AB** e si proiettino i suoi estremi da un occhio-centro di proiezione posto in **O** (figura 31a). I due raggi **OA** e **OB** determinano, nel piano individuato dal segmento e da **O**, un angolo  $\alpha$  la cui ampiezza ci dice, secondo Euclide, quanto ci apparirà grande il segmento oggetto.

Ma poiché è bene lavorare sul confronto e non sulla misura, la domanda da porsi è la seguente: quali altri segmenti appariranno ugualmente grandi? La non biunivocità dell'operazione proiettiva che abbiamo impostato ci dice che i segmenti che il nostro occhio percepisce grandi quanto il segmento **AB** sono tutti gli innumerevoli segmenti che uniscono coppie di punti comunque scelti aventi gli estremi sui due raggi visivi (o proiettanti, che dir si voglia) (figura 31b). Tutto ciò ha, ovviamente, uno scarso significato se quello di cui ho bisogno è un confronto:



per logica e per immediatezza imporrò il confronto di **AB** con un segmento ad esso parallelo, come può essere il caso di **CD**. In queste condizioni **AB** e **CD** appaiono uguali se il confronto avviene sul piano della percezione, ma, da un punto di vista metrico, il problema resta evidentemente indeterminato: non sapremo infatti quale tra i due segmenti si trova effettivamente più vicino o più lontano, né quale è più grande. Ma posso anche imporre l'uguaglianza dimensionale tra i due segmenti e confrontare la grandezza tra i due angoli visivi: torniamo di fatto al *Teorema 8* (si veda la figura 20).

Finora tutto ciò avviene in uno spazio non direzionato: ci troviamo infatti nel piano, un piano certamente non cartesiano. Euclide si guarda bene dal complicare le cose introducendo più oggetti nello stesso atto di visione: il suo cono visivo si limita, come si è detto, al singolo oggetto, se non, addirittura, ad un tratto del suo contorno apparente. Se nella scena comparissero diversi oggetti, possiamo immaginare che nascerebbero diversi coni. E questo è certamente molto lontano dalla logica dell'immagine prospettica di tipo pittorico o di tipo rinascimentale. Qui possiamo, senz'altro, individuare tutto lo sforzo di una scienza della visione alle sue prime astrazioni scientifiche codificate.

C'è però un momento in cui anche Euclide si occupa di questioni di misura: si tratta di quei teoremi in cui lo scienziato alessandrino mostra di conoscere alla perfe-

Fig. 3 I a, b.  
Confronto tra segmenti che appaiono uguali secondo il principio degli angoli.

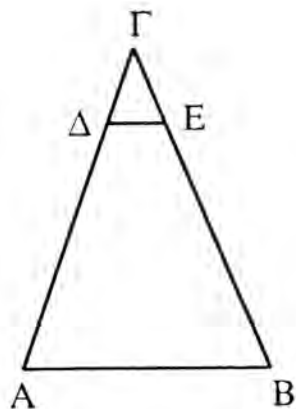
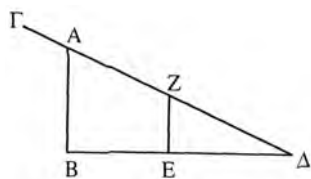


Fig. 32  
Euclide, Ottica: Teorema 18.

Fig. 33  
Euclide, Ottica: Teorema 21

zione la possibilità di ricorrere all'immagine di un oggetto per ricostruirne le dimensioni reali. In questi teoremi, o, meglio, nelle dimostrazioni ad essi relative, Euclide traslascia l'assioma degli angoli in favore di operazioni tra triangoli simili, ovvero in favore di rapporti proporzionali. Per «sapere quanto è grande un'altezza data, quando c'è il sole» [Euclide 1996, *Teorema 18*, pp. 115-116] Euclide ricorre a una grandezza nota posta a distanza nota dall'occhio, avendo cura di sceglierla parallela alla grandezza da misurare (figura 32). Ancora più esplicito è il *Teorema 21*, in cui il problema è quello di «sapere quanto è grande una lunghezza data» (figura 33) [Euclide 1996, *Teorema 21*, p. 117]. Per misurare il segmento **AB** si ricorre nuovamente a un segmento **ED**, parallelo al precedente ma di grandezza nota e di cui è nota la distanza dall'occhio, posto in **Γ**. Quando poi il problema metrico consiste nel «sapere quanto è grande un'altezza data quando non c'è il sole» [Euclide 1996, *Teorema 19*, p. 116] si ricorre, senza mezzi termini, all'analogia con lo specchio, la cui giacitura viene fatta coincidere con quella di un piano sul quale siano note e misurabili grandezze e distanze (figura 34). Ancora una volta la misura è resa possibile da un segmento di lunghezza nota e parallelo a quello di grandezza incognita: si tratta della perpendicolare **ΓΘ** al piano dello specchio **BΘ** condotta dall'occhio (**Γ**). In termini prospettici, assimilando il piano dello specchio al piano delle immagini, si tratterebbe della distanza principale. Quando poi Euclide intende misurare una profondità **AD** [Euclide 1996, *Teorema 20*, p. 117] non si fa scrupolo di ricorrere a un segmento **AZ** che definisce semplicemente come «piano»: la profondità incognita è, ancora una volta, misurata tramite un'altra profondità nota, rappresentata dalla distanza dell'occhio da questo piano, distanza che risulta parallela al segmento da misurare (figura 35).

Perché Euclide non parla di misurare la lunghezza del segmento **AD**, quanto piuttosto di misurare la sua pro-

fondità? Evidentemente proprio perché egli concepisce **AD** come un segmento ortogonale a un piano di riferimento, piano che assume, con evidenza, le caratteristiche del piano di quadro di un'immagine prospettica. Ancora una volta possiamo confermare l'ipotesi che Euclide riteneva se non a sezioni piane, quantomeno a sezioni "opportune", strumentali, come abbiamo visto per le circonferenze impiegate nelle dimostrazioni relative ai *Teoremi 7 e 8*. Ma a differenza di quanto avveniva per le circonferenze, la posizione di queste costruzioni ausiliarie lineari, non è arbitraria: è infatti necessario che sia nota la loro distanza dall'osservatore-occhio ed è necessario che esse si trovino in una particolare condizione rispetto al segmento-oggetto da misurare. Si può dire che siamo molto vicini a una costruzione prospettica, usata – e lo facciamo ampiamente ancora oggi – non per rappresentare ma per misurare: si tratta semplicemente del duale dello stesso problema.

Qual è dunque questa particolare direzione che deve assumere il segmento ausiliario o il piano ausiliario? Due sono le possibili posizioni: il segmento ausiliario è parallelo a un segmento da misurare o ad esso perpendicolare. Dunque Euclide si trova a esaminare questa situazione: un segmento **AB** comunque orientato nel piano e un punto **O**, in questo piano, che rappresenta il suo occhio geometrico (figura 36). In queste condizioni è sempre possibile condurre, dall'occhio, la retta **OH**, perpendicolare al segmento. Tale perpendicolare ci permette di dividere il problema in due problemi analoghi molto semplificati: la misura del segmento **AB** può essere scomposta nella misura dei due segmenti **AH** e **BH**, che presentano il vantaggio di formare, rispetto al terzo punto **O**, angoli retti in **H**. Riportando l'allineamento **OH** a coincidere con una retta orizzontale otteniamo ancora una volta la figura utilizzata da Euclide nei *Teoremi 8 e 18* (si vedano le figure 20 e 32). È proprio nell'accostamento tra il *Teorema 8*, che tratta la visione, e il *Teorema*

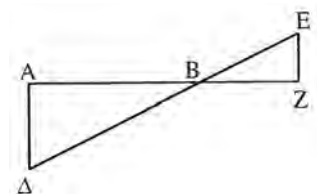
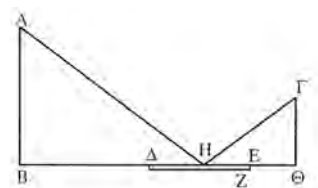
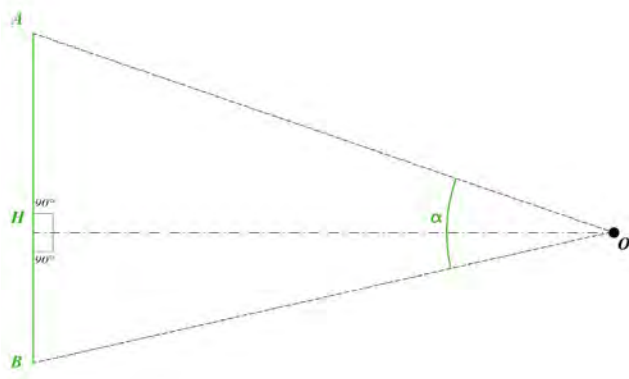


Fig. 34  
Euclide, *Ottica*: Teorema 19.

Fig. 35  
Euclide, *Ottica*: Teorema 20.

Fig. 36.

*Euclide. Scomposizione del problema della misura di un segmento in due problemi facendo ricorso a triangoli rettangoli in  $H$ .*



18, che si confronta con un problema di misura, che si colloca la prospettiva lineare.

Se il *Teorema 8* ci conferma la validità dell'assioma degli angoli nel confronto tra due segmenti uguali e paralleli, il *Teorema 18* fornisce la possibilità di stabilire misure a partire da un segmento ausiliario, sempre parallelo al primo ma di misura nota o accessibile. L'aspetto interessante di questa osservazione consiste proprio nel fatto che tale segmento ausiliario deve necessariamente essere parallelo al precedente.

La consapevolezza del problema del parallelismo tra oggetto e piano della rappresentazione la ritroveremo diversi secoli dopo come elemento fondamentale dell'*Ottica* di Tolomeo.

# TAVOLA CRONOLOGICA

PITAGORA 580/570-496 a.C. ca.				
AGATARCO V sec. a.C.	500 a.C.	0		GEMINO DI RODI I sec.
EMPEDOCLE 490-430 a.C. ca.				ERONE DI ALESSANDRIA I sec.
LEUCIPPO 470-457 a.C.-??		100 d.C.		MARINO DI TIRO tra I e II sec.
ANASSAGORA 499-428 a.C.				TOLOMEO II sec.
DEMOCRITO 470-457 a.C.-??		200 d.C.		CLAUDIO GALENO 129/130-210 ca.
APOLLODORO V/IV a.C.	400 a.C.			
IPPOCRATE DI KOS 460-370 a.C. ca.				DAMIANO DI LARISSA (ELIODORO) ?? - III sec.?
PLATONE 428-347 a.C.		300 d.C.		
ARISTOTELE 384/483-322 a.C.				TEONE DI ALESSANDRIA 335-405 ca.
EUCLIDE 323-283 a.C.	300 a.C.	400 d.C.		
ARISTARCO DI SAMO 310-230 a.C. ca.				
ARCHIMEDE 287-212 a.C. ca.		1000 d.C.		ALHAZEN 965-1040 ca.
APOLLONIO DI PERGA 262-180 a.C. ca.				
	200 a.C.	1100 d.C.		EUGENIO DI SICILIA 1130-1202 ca.
IPPARCO DI NICEA II a.C.		1200 d.C.		ROGER BACON 1214-1292 ca.
DIOCLE tra II e I sec. a.C.	100 a.C.	1300 d.C.		VITELLIONE 1230 ca. - 1280/1314
VITRUVIO 80.-dopo il 15 a.C. ca.				GIOVANNI PECKHAM 1240-1292 ca.
LUCREZIO I sec. a.C.		1400 d.C.		LEON BATTISTA ALBERTI 1404-1472
	0			PIERO DELLA FRANCESCA 1412 ca.-1492
		1500 d.C.		NICCOLÒ COPERNICO 1473-1543
				JEAN PÉLERIN 1445-1524 ca.
				VIGNOLA 1507-1573





# L'OTTICA DI CLAUDIO TOLOMEO

## Tolomeo astronomo e geografo

L'importanza dell'opera di Claudio Tolomeo, scienziato alessandrino vissuto nel II sec. sotto la dominazione romana, e la sua influenza sulla cultura del mondo antico e del Medioevo sono innegabili e legate in particolar modo al suo *Almagesto* e alla sua *Geografia*, ma anche, e in maniera rilevante, alla sua *Ottica* (figure 37, 38).

Matematico, astrologo e geografo, Tolomeo ha lasciato molte opere scritte in lingua greca e in seguito tradotte in diverse altre lingue, a partire dall'arabo e dal latino.

Le sue teorie astronomiche sono affidate al *Μαθηματικὴ οὐράνη* (*Trattato matematico*), trattato diffuso in segui-



Fig. 37  
Claudio Tolomeo in un'incisione  
cinquecentesca.

Fig. 38  
Claudio Tolomeo. *Almagestum Seu  
magnae Constructionis Mathematicae  
Opus*. Venezia, Lucantonio Giunta,  
1528. Tavola.

to con il titolo preso nella versione araba, *Almagesto* (*Il Grandissimo*) (figura 39). Tradotto inizialmente in arabo e quindi in latino nel XII secolo da Gerardo da Cremona, il trattato ebbe una diffusione tale da farne una delle opere di maggiore impatto della cultura antica. Il modello astronomico elaborato da Tolomeo e descritto nel suo lavoro deriva senz'altro dal mondo greco e, in particolare, dal lavoro di Ipparco di Nicea (II sec. a.C.) dal quale riprende la concezione geocentrica, oltre ad alcuni aspetti del metodo scientifico. Nell'*Almagesto*, la Terra è infatti interpretata come centro delle traiettorie circolari dei pianeti, tra i quali vengono annoverati anche il Sole e la Luna.

Fin da tempi molto precedenti alla redazione dell'opera erano stati immaginati modelli eliocentrici, come quello concepito dall'astronomo e matematico Aristarco di Samo (310-230 a.C. ca.), nei quali il movimento dei corpi celesti ha, ovviamente, come centro di rotazione il Sole. Ma l'influenza del modello tolemaico, che riprendeva i fondamenti degli studi di Ipparco fissando la Terra al centro del cosmo, fece sì che per arrivare ad un reale ripensamento del ruolo del nostro pianeta nel-



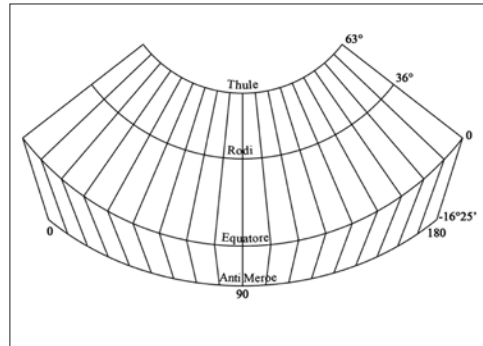
Fig. 39  
Claudio Tolomeo. (1551). *Omnia quae  
extant opera, praeter Geographiam.*  
Basilea: Henrici Petri. Tavola con le  
costellazioni boreali.

la geometria astronomica si dovranno aspettare il XVII secolo e l'opera di Niccolò Copernico (1473-1543). Sappiamo tutti quale sforzo tale ribaltamento costò alla cultura occidentale: basti pensare alla figura di Galileo Galilei (1564-1642) e al processo che il 22 giugno 1633 – certamente non solo per motivi astronomici e cosmologici – lo condannò a una pubblica abiura del copernicanesimo.

Pur proponendo un modello errato nei suoi stessi fondamenti teorici, l'importanza dell'opera astronomica di Tolomeo può facilmente essere riletta nel fatto che prima dell'era moderna l'*Almagesto* era stato tradotto in arabo, persiano, siriano e latino ed era stato commentato da greci e arabi, oltre che da Teone e da Pappo [Tolomeo 2021, p. VII].

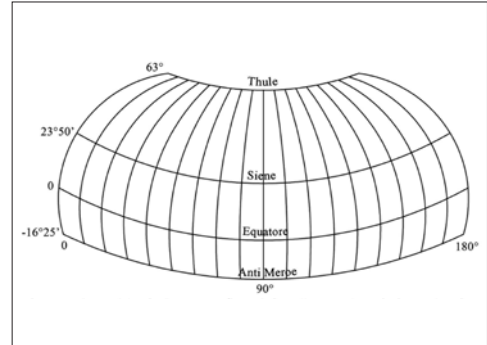
Del lavoro astronomico di Tolomeo restano diverse altre testimonianze, come l'*Iscrizione canonica* e le *Tavole manuali*, strettamente collegate all'*Almagesto*, e le *Ipotesi planetarie*, che invece se ne discostano proprio per il modello geometrico celeste che vi è descritto. Si sono conservati anche l'*Analemma* e il *Planisfero*, trattati molto presenti nella cultura dei secoli successivi, e il secondo libro delle *Fasi*. Decisiva influenza sul mondo antico e sul Rinascimento deve essere riconosciuta anche al lavoro di Tolomeo come geografo e al trattato in cui ne ha raccolto gli esiti, la *Geografia*, opera senz'altro precedente l'*Almagesto* [Valerio 2012, p. 216]. Qui Tolomeo descrive diversi metodi di rappresentazione cartografica, ovvero metodi per restituire in piano la complessità della superficie terrestre, e li applica nelle tavole che erano raccolte nell'VIII libro e oggi risultano perdute.

L'attenta descrizione dei metodi cartografici adottati presente nell'opera ha reso comunque possibile, nei secoli, ipotizzare restituzioni grafiche delle mappe di Tolomeo, che riguardavano sia il mondo conosciuto, ovvero l'ecumene (da "*οἰκουμένη*", "mondo abitato"), che diverse carte delle singole province dell'Impero.



Prima di Tolomeo, l'ecumene corrispondeva, in generale, alle terre che circondavano il Mare Mediterraneo. Nella *Geografia* tale area viene estesa fino a coprire una porzione di globo terrestre pari a circa 180 gradi di longitudine (dalle Isole Fortunate, probabilmente le isole Canarie a ovest, alla penisola indocinese a est )





e 80 gradi di latitudine (dal Mare Artico all'Estremo Oriente e all'Africa centrale). Longitudine e latitudine costituiscono il modo in cui, nel trattato, Tolomeo riporta la posizione geografica dei quasi 8000 luoghi presenti nel suo elenco. Si tratta della prima evidenza rimastaci dell'applicazione di questo sistema per individuare in maniera univoca un punto del geoide. Il sistema di misurazione parte dall'equatore per le latitudini e dal punto più a ovest dell'ecumene per le longitudini, in corrispondenza delle Isole Canarie.

La prima rappresentazione impiegata da Tolomeo per l'ecumene, ovvero il primo modello di rappresentazione cartografica che lo scienziato descrive, porta ad un risultato simile a quello che si ottiene con una proiezione conica equidistante, metodo in seguito perfezionato da Guillaume Delisle (1675-1726). Nelle immagini ottenute con questo sistema, i paralleli sono descritti come circonferenze concentriche ed equidistanti e i meridiani come rette convergenti in un punto che è anche centro dei paralleli. Il metodo conserva l'equidistanza lungo tutti i meridiani e lungo il parallelo centrale passante per Rodi [Valerio 2012, p. 222] (figure 40, 41, 42).

Il secondo modello di rappresentazione cartografica utilizzato nella *Geografia* risulta senz'altro meno semplice (figure 43, 44). Il meridiano centrale è rappresentato come una retta sulla quale le misure risultano

[Pagina precedente](#)

Fig. 40  
Tolomeo 1460-1466 (cc.71v-72r).  
*Planisferio.*

Fig. 41  
*Schema del reticolato geometrico relativo alla prima proiezione tolemaica. Da Valerio 2012, fig. 4, p. 223.*

Fig. 42  
*Ricostruzione cinquecentesca dell'ecumene di Tolomeo secondo la prima proiezione.*

[Questa pagina](#)

Fig. 43  
*L'ecumene descritto da Tolomeo secondo la seconda proiezione. Stampa da un'incisione di Johannes Schnitzer, 1482.*

Fig. 44  
*Schema del reticolo geografico relativo alla seconda proiezione tolemaica. Da Valerio 2012, fig. 5, p. 223.*



proporzionali alle vere distanze. I meridiani a destra e a sinistra sono descritti da archi di circonferenza che hanno centro in un punto che si trova lungo il prolungamento del meridiano centrale, mentre i paralleli, sempre descritti come archi di circonferenza, sono equidistanti rispetto al meridiano centrale. L'equidistanza si conserva lungo l'equatore e lungo i paralleli di Thule e di Siene [Valerio 2012, p. 222].

Per le carte regionali, ovvero per la corografia (figura 45), viene utilizzato un terzo modello di rappresentazione, sostanzialmente equivalente a una proiezione cilindrica, non innovativa per l'epoca, poiché già utilizzata in carte precedenti alla *Geografia* stessa, a cominciare da quelle realizzate da Marino di Tiro (tra I e II sec.).

Qui meridiani e paralleli sono rappresentati da una griglia di rette che si intersecano ortogonalmente, cosa che comporta un fattore di distorsione importante. Era proprio questo fattore di distorsione, secondo lo stesso Tolomeo, a rendere questa proiezione non applicabile per porzioni troppo ampie di geoide, ma la deformazione poteva essere accettata nel caso di porzioni ridotte di superficie, quindi per le carte regionali.



Fig. 45  
Tolomeo 1460-1466 .XI. Europe  
tabula decima (Grecia).

Sia l'*Almagesto* che la *Geografia* di Tolomeo sono stati coinvolti nella ricerca dei fondamenti proiettivi della ideazione rinascimentale della costruzione prospettica lineare. L'influenza della geografia tolemaica sulla cultura rinascimentale è legata alla prima traduzione dell'opera in latino con il titolo di *Cosmographia*, che risale al 1409 ed è curata da Jacopo d'Angelo da Scarperia (conosciuto anche come Jacopo Angeli) [Valerio 2012, p. 221]. Per la prima volta, ci si confronta con un testo che descrive i modelli per la redazione delle carte geografiche, ovvero «un testo dedicato al disegno di immagini della Terra» [Valerio 2012, p. 222].

Vladimiro Valerio scrive che «Con Tolomeo anche la prospettiva fa il suo ingresso nello spazio geografico e pittorico» [Valerio 2012, p. 227].

Valerio, d'altronde, riconosce una grande influenza dell'opera cartografica di Tolomeo sul Rinascimento, influenza legata, in particolare, proprio ai modelli di restituzione grafica concepiti dallo scienziato alessandrino e dal lavoro compiuto, in maniera sincrona, sulla cultura geografica rinascimentale dall'*Almagesto* e dalla *Geografia*: «*Almagesto* e *Geografia* diventano testi complementari e mentre il primo insegna a collocare i punti sulla Terra in relazione alle stelle, l'altro insegna a disegnare le mappe sulla scorta delle coordinate dei luoghi» [Valerio 2012, p. 225].

Valerio ammette che «un'attenta ricostruzione dei procedimenti tolemaici non porta alla definizione di una vera e propria prospettiva lineare basata sui fondamenti della geometria proiettiva» [Valerio 2012, p. 226], ma riconosce all'opera geografica di Tolomeo la definizione di una griglia di riferimento le cui deformazioni risultano controllabili. Si tratta di un sistema che rende possibile l'individuazione delle posizioni degli oggetti nello spazio e permette di «disegnare una griglia geometrica complessa entro la quale posizionare gli elementi geografici umani e naturali (città, fiumi,

popolazioni, regioni, monti)» [Valerio 2012, p. 224] e «di creare una relazione biunivoca tra l'immagine piana e lo spazio che essa rappresenta» [Valerio 2012, p. 231]. Inoltre «Il legame tra geografia e prospettiva lo si ritrova in un raffinato teorico quale Leon Battista Alberti, che per primo descrive il dispositivo prospettico in pittura. Il procedimento da lui messo in atto si basa sul disegno di una griglia quadrata, una sorta di sistema di coordinate cartesiane *ante litteram*, la cui messa in prospettiva consente di collocare gli oggetti nello spazio secondo le rispettive posizioni e dimensioni, ma scorciate "geometricamente" e non in maniera intuitiva o semplicemente percettiva come avveniva nell'*Ottica* antica e medievale. L'idea di organizzare lo spazio pittorico sovrapponendo al piano orizzontale di riferimento un sistema di coordinate è un chiaro riferimento alle coordinate geografiche di Tolomeo, utilizzate per collocare i luoghi sulla Terra» [Valerio 2012, p. 231]. L'influenza della *Geografia* sulla costruzione prospettica è presa in considerazione anche da altri studiosi, in un articolo del 1987 Kirsti Andersen affronta un aspetto della questione e riporta una piccola bibliografia di studi che prendono in considerazione le relazioni tra il trattato e la prospettiva lineare [Andersen 1987b].

## L'*Ottica* di Tolomeo

Secondo Valerio, dunque, la cartografia e l'astronomia tolemaiche avrebbero dato un importante impulso non solo alla elaborazione di nuovi modelli grafici, ma anche alla possibilità di elaborare la struttura stessa della costruzione prospettica lineare. La posizione dello studioso non si discosta da ciò che questo volume cerca di suggerire: che, cioè, la storia della conoscenza vada riletta non per ritrovare nel passato anticipazioni di future teorie, quanto, piuttosto, per riconoscere, in quel futuro, tracce di possibili suggestioni e ampliamenti della cono-



scienza che abbiano fatto da base alle teorie che vengono concepite e attualizzate [cfr. Valerio 2012, pp. 281 e ss.].

Lo stesso Valerio richiama la posizione di studiosi come Luigi Vagnetti o Samuel Y. Edgerton, che hanno visto nell'opera cartografica di Tolomeo la chiara anticipazione di un metodo proiettivo compiuto, mentre «Tolomeo non parla mai di proiezione, e non descrive mai un metodo di applicazione grafica di tipo prospettico! Egli non definisce mai il centro di proiezione, né accenna a rette proiettanti, né a intersezione di raggi proiettanti con il piano della rappresentazione. In tutta l'opera dei geometri alessandrini mancano tanto l'attitudine mentale verso una teoria delle proiezioni quanto i concetti fondamentali di proiezione e di sezione» [cfr. Valerio 2012, p. 283]. «Il nocciolo della questione è che, contrariamente a quanto generalmente ritenuto, nemmeno Tolomeo riesce a dare una risposta coerente e men che mai il suo procedimento può essere accostato alla prospettiva lineare rinascimentale. Ciò per tre motivi sostanziali che andremo a dimostrare: 1 - non esiste un centro di proiezione; 2 - il cono visuale non risulta intersecato da alcuna superficie; 3 - il piano della rappresentazione, che coincide con quello che passa per il coluro equinoziale, non è assoggettato unitariamente alla proiezione della sfera terrestre e di quella armillare ma vi si registra una sovrapposizione di procedure» [cfr. Valerio 2012, p. 285].

In questo contributo si cerca di individuare nella scienza della visione di Tolomeo e nella sua *Optica* tracce che, arrivando attraverso trascrizioni, traduzioni e copie agli artisti medioevali, possano aver stimolato le riflessioni che hanno determinato la nascita della prospettiva lineare come teoria.

Nelle pagine precedenti, è stata richiamata la teoria di una "prospettiva che precede". Si tratta di un'ipotesi accattivante, che, come abbiamo visto, non potrà trovare smentita né conferma ma solo essere nutrita o deprivata di senso attraverso verifiche basate su congetture e interpretazioni.

Quello che si intende verificare qui è il fatto che anche l'*Ottica* di Tolomeo, a fianco dell'*Almagesto* e della *Geografia*, sembra aver suggerito un'impostazione e alcuni dei criteri che sono stati di fondamentale centralità nelle elaborazioni che hanno portato all'espressione della prospettiva lineare. L'*Ottica* rappresenta il terzo polo dell'influenza dell'opera di Tolomeo sul mondo arabo e, a seguito dell'elaborazione avvenuta in Oriente, sul nostro Rinascimento.

Scritta in greco, come altre opere dello scienziato alessandrino, essa fu tradotta in arabo e molto studiata, come abbiamo visto, dagli scienziati arabi intorno all'anno Mille. La versione greca è andata perduta, mentre la traduzione araba ci è arrivata attraverso la sua traduzione in latino che risale alla metà del XII secolo ed è opera dell'emiro Eugenio di Palermo, o Eugenio di Sicilia (1130-1202 ca.). La prima edizione in lingua moderna si deve ad Albert Lejeune [Tolomeo 1989].

## Struttura dell'opera

Se il modello del trattato di ottica era stato definito una volta per tutte da Euclide nel III sec. a.C., le innovazioni introdotte da Tolomeo, che rispecchiano l'evoluzione della scienza della visione nei quasi cinque secoli trascorsi, fanno sì che la struttura proposta dallo scienziato alessandrino diventi quella caratteristica dei successivi trattati di ottica, e venga in seguito ripresa da Alhazen e da Vitellione.

Dunque i due modelli, quello euclideo e quello tolemaico, rimangono, sia pure con alterne vicissitudini, i modelli di riferimento della trattazione del fenomeno visivo e del fenomeno luminoso per moltissimo tempo. Pur essendo senz'altro collegate da un evidente filo conduttore, l'*Ottica* di Euclide e quella di Tolomeo rivelano profonde differenze che sembrano però aver reso possibile la coesistenza di entrambe, poiché ciascuna offre aspetti fondamentali alla elaborazione dei

modelli successivi. Tra questi, probabilmente, la stessa prospettiva lineare.

Il trattato di Tolomeo è diviso in cinque libri, ma già la versione araba risultava carente di tutto il primo e della fine del quinto.

Il I libro doveva certamente trattare di ciò che produce la visione: occhio, flusso visivo, raggi visivi, luce e colore; dei rapporti che legano tutti questi elementi e delle differenze che li contraddistinguono, ovvero «tutto ciò che permette di comparare la proprietà del flusso visivo (*visus*) e della luce, in modo che esse rispondano l'una all'altra, quali siano le reciproche similitudini, in che cosa esse differiscono nei loro poteri (*virtutes*) e nei loro movimenti (*moto*), in che cosa consiste la differenza specifica di ciascuno di essi, con le sue distinzioni primarie e secondarie, in modo da rendere evidente l'azione del senso [visivo]» [Tolomeo 1989, II.1, p. 11]. Tutto ciò era da Euclide ridotto a poche Premesse, il che era lecito nell'operazione di astrazione geometrica compiuta dal suo autore. Proprio nel passaggio da un'ottica prettamente leggibile nei termini meccanici di un'astrazione geometrica a una scienza della visione articolata e complessa va individuato il grosso salto compiuto da Tolomeo.

Il II libro tratta della visione diretta, che per Tolomeo consta di due parti di eguale dignità: la visione monoculare e quella binoculare, o stereoscopica.

Il resto del testo di Tolomeo è dedicato alla visione indiretta, ovvero a quei casi in cui i raggi visivi risultano deviati o interrotti.

Nel III libro viene sviluppata la teoria della riflessione, e – dopo un ritorno alla questione della visione binoculare – si arriva ad affrontare l'immagine che si forma negli specchi piani, e, in seguito, in quelli sferici convessi.

Il IV libro affronta gli specchi sferici concavi, e infine, composti.

Il V libro, in parte perduto, riguarda il problema della visione rifratta.

## Il cono visivo tra Euclide e Tolomeo

Tra gli elementi di confusione ingenerati dalla trascrizione dell'ottica euclidea ad opera di Teone deve essere incluso il concetto stesso di raggio visivo. Il termine che Euclide usa per definire questi raggi è – nella *Premessa II* e in pochi altri casi all'interno del trattato – “ὄψις”, termine senz'altro più antico di Euclide stesso, poiché viene usato in questa accezione sia da Platone che da Aristotele [Incardona 1996, p. 55]. Con questo termine Euclide indica non il singolo raggio, quanto piuttosto l'insieme dei raggi, ovvero il flusso visivo: in alcuni casi egli indicherà con “ὄψις” l'occhio stesso [Incardona 1996, p. 55]. Ma il termine con cui nell'*Ottica* viene designato il raggio visivo nella maggior parte dei casi è “ἀκτίνες”. Tra ὄψεις e ἀκτίνες non sembra esserci una grande differenza, ma Lejeune nota come forse il secondo possa essere messo in relazione con i primi trattati di scenografia, se è vero, come sembra, che l'opera perduta di Democrito avesse il titolo di Ἀκτινογραφία [Lejeune 1948, p. 20 e n. 2, p. 20]. La distinzione tra “ὄψις” e “ἀκτίνες” si perde del tutto nella versione di Teone, che usa soltanto il primo termine [Incardona 1996, p. 55]. Erone, nella traduzione latina del suo lavoro, parla di “visus” e di “radii a nobis emessi” o “incidentes” [Lejeune 1948, p. 19].

Per quanto riguarda il testo di Tolomeo, esso ci è giunto, come sappiamo, solo in versione latina. Qui, ancora una volta, i raggi visivi sono indicati tramite due termini: “visus” e “radii visibiles” (o “radii visus”). Mentre per “visus”, usato prevalentemente al singolare, si deve intendere l'insieme di raggi che formano il cono visivo, e quindi il termine può essere tradotto semplicemente come “cono visivo”, le espressioni “radii visibiles” e “radii visus” indicano i singoli raggi. La stessa distinzione la si ritroverà, nel IV secolo, nel testo greco di Damiano, in cui “ὄψεις” indica l'insieme dei raggi, i quali, presi singolarmente, sono detti “ἀκτίνες”. Dal confronto appare probabile, come nota Lejeune, che lo stesso Tolomeo

usasse, nell'originale greco, i due termini che si ritroveranno in Damiano, il quale si sarebbe quindi limitato a riproporre definizioni derivate dal trattato di Tolomeo [Lejeune 1948, p. 21]. Il termine “*ὄψεις*” compare anche in Galeno, che parlerà esplicitamente di «innumerevoli raggi visivi» [Galeno 1907-1909, pp. 815, 816: cfr. Lejeune 1948, p. 19]: già nella sua descrizione è infatti evidente che tali raggi rappresentano un *continuum*, convenzione che differenzia il suo modello da quello euclideo, avvicinandolo senz'altro al modello tolemaico. Per Euclide esiste dunque un insieme di raggi discreti che costituisce il cono visivo. Questo cono è individuato da un vertice e da una base, come si è detto più volte. Poiché Euclide non prende in considerazione se non tangenzialmente la binocularità della visione [25], il suo cono geometrico è un semplice cono a falda unica, con vertice in un punto imprecisato all'interno del globo oculare. Abbiamo anche visto come la base del cono coincida, nel modello euclideo, con i «contorni delle cose viste», “cose” che dobbiamo immaginare prese in considerazione una alla volta, e non come insiemi organici di oggetti distinti [Euclide 1996, Premessa II, p. 101]. Pur non facendo dunque riferimento a un cono circolare retto, Euclide ricorre al termine “cono” esattamente come fa la geometria proiettiva quando parla di un cono proiettivo. Per molti secoli la letteratura resterà legata a questa definizione del cono visivo che deriva dall'espressione greca “*κῶνος της ὀψεως*”. Ma già nella versione latina dell'*Ottica* di Tolomeo il cono visivo diventa, per un probabile errore del traduttore, «*pyramidis visibilis*» [26]. Tutto il Medioevo userà, d'altronde, il termine “*pyramis*” e sarà proprio uno dei codificatori della teoria prospettica a introdurre questa eredità nell'ottica medievale: Leon Battista Alberti parlerà infatti di una “piramide visiva” [Alberti 1804, 1966; cfr. Brownson 1981, n. 9, pp. 168, 169].

Il modello di cono euclideo sarà alla base dello sviluppo e della sistematizzazione della scienza della vi-

25. Il fatto che la visione avvenga per mezzo dei due occhi non appartiene al modello geometrico euclideo e la stereopsi viene chiamata in causa solo in particolari condizioni, come nel *Teorema* 25 che prende in considerazione l'immagine di una sfera di diametro pari alla distanza tra gli occhi: Euclide 1996, *Teorema* 25, p. 26.

26. Solo una volta compare, nella traduzione dell'emiro Eugenio di Sicilia, l'espressione “*visibilis coni*”: cfr. Lejeune 1948, p. 34.

sione, in una serie di successivi aggiustamenti. Dopo Euclide il vertice tenderà ad assumere connotazioni fisiologiche più precise, coerentemente con un processo di umanizzazione del fenomeno visivo che culminerà, nell'ambito dell'ottica antica, con il lavoro di Tolomeo. Da un punto di vista anatomico, nel corso del II secolo Galeno fornirà indicazioni più precise nell'associare la posizione del vertice a una componente specifica dell'occhio, ovvero la pupilla, che nel suo testo sembra quasi assumere in sé l'intera funzione visiva. La visione, per Galeno, è esplicitamente binoculare, ma il suo modello prevede che un occhio resti chiuso: sarà Tolomeo, sempre nel II secolo, a fare della visione stereoscopica uno dei cardini della sua trattazione dell'ottica. Inoltre, il cono visivo nasce, per Galeno, dall'osservazione di una circonferenza, e questo non è un fatto di poco conto. Innanzitutto, nel descrivere la base del cono a partire da una circonferenza egli stabilisce implicitamente che si tratta di un cono circolare retto [Lejeune 1948, p. 19]. Inoltre, poiché questa circonferenza risulta caratterizzata dal suo centro, Galeno arriva a definire, forse contemporaneamente a Tolomeo, una distinzione tra il raggio visivo condotto dalla pupilla al centro della circonferenza e tutti gli altri raggi [27]. Questo raggio centrale – descritto, al pari degli altri, «come un capello fine, un filo di ragnatela rigorosamente teso», – definisce l'asse del cono visivo [Galeno 1907-1909, pp. 815-817; cfr. Lejeune 1948, pp. 18, 19].

Sarà però con il lavoro di Tolomeo, ancora una volta, che si arriverà a sistematizzare informazioni che in Galeno appaiono ancora poco organiche, e l'asse assumerà tutta l'importanza che in seguito, con la teoria prospettica, porterà alla definizione del "raggio centrico" albertiano o di quella che oggi definiamo "distanza principale" [Alberti 1804, 1966; Fasolo, Migliari 2022, pp. 8, 9].

27. Tra Tolomeo e Galeno c'è circa una generazione di distanza, anche se hanno vissuto in luoghi diversi di influenza romana: Tolomeo nasce a Toilemaide, in Egitto, intorno al 90-100 e muore ad Alessandria, dove aveva vissuto e insegnato, a 78 anni ca.; Galeno, medico personale di Marco Aurelio, nasce a Pergamo nel 129-130 e, dopo molti anni vissuti a Roma, muore a Roma (o in Sicilia) nel 210 ca.

Nel IV secolo Damiano sosterrà che, poiché la pupilla è piccola, se i raggi visivi non divergessero noi potremmo vedere solo oggetti più piccoli della pupilla stessa [Damiano 1897, V, pp. 6, 8, 10, 12: cfr. Lejeune 1948, n. 1, p. 43]: ciò stabilisce proprio nella pupilla la prima base di un cono circolare il cui apice deve essere più interno rispetto all'occhio.

L'idea di un cono visivo circolare era già evidente anche per Tolomeo, che lo riteneva, inoltre, limitato da un preciso angolo al vertice. Se così non fosse si avrebbero – secondo Tolomeo – raggi visuali diretti in tutte le direzioni, cosa che pregiudicherebbe la possibilità di una corretta valutazione dell'alto e del basso, della destra e della sinistra [Tolomeo 1989, II.26, p. 26; Lejeune 1948, p. 43]. Attraverso il confronto con Damiano – che dichiara esplicitamente di aver letto il trattato di Tolomeo dal quale, probabilmente, deriva un cono visivo con angolo al vertice retto [28] – si arriva alla conclusione che anche Tolomeo fosse giunto a misurare per via sperimentale l'apertura del cono visivo [29].

Nella versione latina dell'*Ottica* di Tolomeo il vertice del cono visivo è indicato con "*principium*" poiché vi hanno origine i raggi emessi. Tale *principium* può essere collocato al centro del globo oculare: «In effetti, – scrive Tolomeo – i raggi che attraversano la cornea e si dirigono verso la pupilla a partire dall'origine situata al centro del globo oculare sono tutti ortogonali alla superficie della pupilla che assume la natura di uno specchio convesso con la sua forma e la sua levigatezza» [Tolomeo 1989, III.16, p. 96]. Per Tolomeo, dunque, la pupilla non è più un diaframma, ma una porzione di quella calotta sferica al centro della quale si trova il vertice del cono.

Vale qui la pena di soffermarsi ad osservare come questa particolare interpretazione della pupilla permette a Tolomeo di non spezzare i raggi in corrispondenza del passaggio tra la cornea e l'aria, ovvero nel passaggio da

28. Damiano sostiene con una serie di argomentazioni la tesi che il cono visivo è un cono rettangolo: Damiano 1897, IV; cfr. Lejeune 1948, n. 1, p. 43.

29. È possibile che Tolomeo avesse misurato sperimentalmente l'ampiezza del cono visivo: Lejeune 1948, pp. 44-46.

un mezzo più denso a uno meno denso, poiché essi risultano tutti normali alla pupilla stessa. Se teniamo presente l'importanza attribuita da Tolomeo ai fenomeni di rifrazione e riflessione, questa osservazione risulta piuttosto importante.

Inoltre, il cono di Tolomeo è un cono continuo, teoricamente esteso tutto intorno al vertice, del quale è opportuno prendere in considerazione soltanto quanto può entrare, attraverso la pupilla, all'interno del globo oculare. È in questo passaggio che il suo cono si rivela senz'altro circolare, in quanto definito da raggi che passano attraverso un foro circolare, la pupilla, e che l'ampiezza del suo angolo al vertice appare misurabile.

La continuità del flusso visivo fa sì che la base di questo cono, quella che si definisce nel contatto con le cose viste, diventi non già una linea di contorno, ma una porzione di superficie.

Il contorno apparente di cui si è parlato per Euclide diventa dunque una "superficie apparente", cosa che attribuirà alle qualità della superficie (consistenza, ruvidezza, levigatezza, colore...) un ruolo determinante nella percezione.

Il cono tolemaico sembra dunque assumere un'importanza fondamentale alla comprensione dei passaggi intermedi tra l'*Ottica* di Euclide e la codifica della costruzione prospettica nel Rinascimento. E sull'analisi delle sue caratteristiche converrà soffermarsi.

### **Tolomeo: continuità della vista e direzionalità dello sguardo**

La teoria emissionista, che pervade il lavoro di Tolomeo, appare arricchita da una notazione fondamentale alla comprensione dell'intera *Ottica*: l'irraggiamento oculare dal quale scaturisce la visione sembra infatti essere una caratteristica comune tanto all'anima – che emana



la visione stessa – quanto alla luce e al colore. Luce e vista hanno dunque in comune molti aspetti, come era noto anche a Euclide – che in diverse occasioni ricorre a raggi luminosi nell'ambito delle sue dimostrazioni – e, più in generale, a tutta l'ottica antica. Certamente luce e vista sono accomunate dalla loro natura eterea, ma anche dalla propagazione per via rettilinea e dalla capacità di entrambe di portarsi a grandi distanze con incredibile velocità. Ma l'attenzione di Tolomeo si sofferma su un'altra caratteristica comune al fenomeno luminoso e a quello visivo: luce e vista attraversano entrambe i corpi traslucidi, perdono intensità se i corpi non sono del tutto trasparenti e si arrestano contro i corpi opachi. La nitidezza della visione è l'equivalente dell'intensità della luce: un oggetto è visto meglio da due occhi, come nel caso in cui è illuminato da più fonti luminose [Tolomeo 1989, II.18, 19, pp. 19, 20]. Allo stesso modo la luce diretta è più intensa di quella riflessa dai corpi, duale del fatto che la visione diretta è più nitida di quella riflessa. Un oggetto è visto meglio se i raggi che vi cadono sopra hanno incidenza diretta invece che obliqua: allo stesso modo risulta più intensa la luce che il corpo stesso riceve direttamente che non quella che riceve obliquamente.

Nonostante le similitudini che sussistono tra i due fenomeni, è anche possibile compiere delle distinzioni. È proprio da queste osservazioni che scaturiscono quelle caratteristiche del cono visivo tolemaico che sembrano indicare con precisione sempre maggiore la via che lederà l'ottica alla teoria prospettica.

Se la luce si diffonde in tutte le direzioni, la vista si concentra intorno al suo asse di propagazione. L'asse del cono visivo che abbiamo individuato nella trattazione di Galeo, inesistente nella trattazione euclidea, sembra dunque essere stato introdotto proprio da Tolomeo. Nella sua opera esso assume un significato particolare proprio ai fini della definizione dell'acutezza visiva e della nitidezza dell'immagine, prendendo il nome di «*axis visibili pyrami-*

*dis*», o «*axis proprius*». Sono proprio la presenza di un asse del cono visivo e il ruolo che questo assume nella visione che permettono a Tolomeo di prendere in considerazione anche la stereoscopia della visione. La regolarità della distribuzione dei raggi visivi intorno all'asse definisce inoltre, unitamente al fatto che questi devono passare attraverso il foro circolare della pupilla, la forma stessa del cono, che risulta certamente circolare. Se per Euclide il cono assumeva la forma dei singoli oggetti che, di volta in volta, lo determinavano, la continuità del flusso visivo e la natura non discreta dei raggi portano il cono tolemaico ad astrarre dal percepito, mentre la sua forma risulta piuttosto inscindibilmente legata al soggetto osservante e alla fisiologia del suo occhio.

Abbiamo anche visto che forma e ampiezza di questo cono sono legate al fatto che esso trova una sua prima, naturale base proprio all'interno dell'occhio stesso, nella forma circolare della pupilla (figura 46). Se, come nota Lejeune «nelle figure [l'asse visivo] è sempre rappresentato come una retta che dall'occhio raggiunge l'oggetto, dunque come un raggio visivo» [Lejeune 1948, pp. 35, 36], alcune espressioni in cui si ritrova questa definizione fanno capire che esso non è un raggio visivo vero e proprio, ma una retta geometrica alla quale sono rapportate le posizioni degli altri raggi. Si tratta dunque – continua Lejeune – di una costruzione geometrica, ma che sottintende un fatto fisiologico importante, poiché Tolomeo ci dice che ciò che è visto in prossimità dell'asse, ovvero al centro dei raggi visuali, è visto in maniera più nitida rispetto a ciò che è visto dai raggi laterali. Ciò significa che l'acuità visiva va diminuendo dal centro verso i lati del cono. Questa idea di un asse del cono visivo che assume un particolare valore in relazione alla qualità del vedere sarà in seguito ripresa da Damiano, che però fa riferimento, seguendo in questo Euclide, a raggi discreti e non continui, posizione che Tolomeo rifiuta.

Fig. 46  
Tolomeo, ampiezza del campo visivo.



Introducendo nell'irraggiamento oculare una direzione privilegiata, Tolomeo giungerà all'idea di una corrispondenza raggio a raggio dei due coni visivi, e dunque ai fondamenti di una teoria della visione binoculare. Se, per certi aspetti, possiamo dire che Euclide, che astrae da qualsiasi contenuto legato alla sensibilità per ridurre tutto a un puro fatto geometrico, è in qualche modo più vicino alla concezione rinascimentale della prospettiva, dobbiamo anche osservare come nel suo lavoro manchi proprio quell'aspetto di centralità del soggetto osservante e di esperibilità del mondo fenomenico che porterà Tolomeo all'elaborazione del concetto della continuità del percepito. Questa continuità non ha molto a che fare, ancora, con l'omogeneità dello spazio della prospettiva lineare, ma certamente rappresenta un elemento molto più vicino alla cultura rinascimentale rispetto alla teoria dei raggi discreti di Euclide.

Nel cono visivo di Tolomeo i raggi sono dunque una consapevole astrazione: si tratta di un modello che ben descrive il problema, ma il suo cono è un elemento continuo, altra caratteristica recepita dalla teoria prospettica e assente nella trattazione geometrica euclidea [30].

Per Tolomeo il numero di raggi che cadono su un oggetto non è dunque funzione dell'ampiezza dell'angolo visivo sotteso dall'oggetto stesso, ma dipende piuttosto dalla loro «*accumulatio et congregatio*» [Tolomeo 1989 II.48, pp. 35, 36]: egli arriva addirittura a prendere posizione contro coloro che ritengono che gli oggetti lontani sono visti più piccoli perché colpiti da un numero minore di raggi visuali, in ciò riferendosi chiaramente a Euclide [Lejeune 1948, p. 80].

Il cono visivo è dunque un *continuum* di raggi visivi e ogni angolo visivo può, al suo interno, comprendere un'infinità di raggi. Ciascuno di questi raggi non arriverà a colpire che un unico punto dell'oggetto osservato, ma la continuità stessa garantisce di poter percepire l'intera

30. Vedremo in seguito come la continuità del flusso visivo fosse stata anticipata da Tito Lucrezio Caro nel *De rerum natura*.

superficie osservata come un *continuum*. La stessa forma è definita da Tolomeo «*figura autem ordo qualitatis superficiei*» ovvero “struttura qualitativa” [Tolomeo 1957, II.12, p. 16]; la forma, dunque, non è data da una somma di punti, ma da una serie di relazioni tra questi punti [Lejeune 1948, p. 103]. Come si è detto, ciò che viene visto non è dunque esclusivamente il contorno apparente di corpi e volumi, ma – come vedremo era stato anticipato da Lucrezio e, dunque, forse anche da altri – una sorta di “superficie apparente”. «Il flusso visivo – scrive Tolomeo – conosce le forme dalle forme delle basi sulle quali cadono i raggi visivi. Esso conosce anche le linee che racchiudono le figure dalla conoscenza delle linee che delimitano le basi, come le rette e le curve dalle quali dipendono le varietà di figure. Conosce la superficie totale esterna, se sia piana o sferica, dalla superficie della sua intera base» [Tolomeo 1989, II.64, p. 46].

È immediatamente evidente come al cono visivo euclideo, sempre descritto nel piano cui appartiene ciascun angolo visivo, Tolomeo aggiunga una terza dimensione come dato imprescindibile.

### **Lo spazio disomogeneo: l'asse visivo e l'oggetto di visione**

La presenza di un asse principale all'interno del cono visivo e la natura continua del flusso visivo permettono a Tolomeo di fornire una diversa spiegazione del problema dell'acuità visiva e della nitidezza della visione. Non potendo ricorrere, come aveva fatto Euclide, al numero di raggi visivi che arrivano a colpire l'oggetto, Tolomeo non può mettere in relazione la diminuzione della capacità visiva in funzione della distanza con il progressivo divergere di raggi contigui, ma deve legarla a due fattori concomitanti: la distanza dell'oggetto dall'apice del cono e lo scarto angolare del raggio che lo inter-

chetta rispetto all'asse centrale: «Ora – scrive – l'origine della radiazione visiva in forma di cono è duplice: una è un punto della sfera che è l'apice del cono, l'altra è la retta che esce da quel punto e si estende per tutta la lunghezza che è l'asse della figura. È necessario che la visione di ciò che si trova più lontano dall'apice del cono avvenga per mezzo di un raggio di forza minore rispetto alla visione di ciò che si trova più vicino; e allo stesso modo gli oggetti che sono lontani dall'asse da quelli che sono vicini» [Tolomeo 1989 II.20, p. 21].

Il forte legame tra l'asse del cono tolemaico e la teoria prospettica lineare appare confermato dal fatto che la natura fortemente direzionata del cono visivo di Tolomeo viene messa in relazione con la possibilità di stabilire la localizzazione (*situs*) delle apparenze rispetto alla reale localizzazione degli oggetti. Euclide non affronta il problema della posizione dell'oggetto rispetto al cono visivo, perché prende in considerazione esclusivamente l'angolo sotteso e il piano da esso individuato e perché per ogni oggetto osservato nascono un angolo e un piano, cosa che annulla il concetto stesso di un unico cono visivo. Tolomeo invece introduce con determinazione il problema dell'orientamento [Tolomeo 1989, II.53, pp. 38-39].

Se ci è dato comprendere la direzione in cui si trova un oggetto è grazie al fatto che siamo in grado di stabilire un punto di riferimento (il vertice del cono) e una direzione principale (l'asse): non è forse quanto accade nel metodo prospettico centrale? Poiché nella visione psicologica di Tolomeo il soggetto osservante entra ampiamente in gioco, e poiché la natura dei raggi visivi, in Tolomeo più che mai, è di tipo tattile, noi siamo in grado di percepire l'angolo che un determinato raggio visivo che va a colpire un oggetto forma con l'asse del cono, mentre conosciamo la distanza dell'oggetto stesso proprio grazie alla facoltà di percepire la lunghezza stessa del raggio che lo colpisce. In questo

modo Tolomeo sembra proporre un metodo per l'esatta localizzazione degli oggetti reali in uno spazio che recupera la sua natura tridimensionale. Il sistema è bloccato: l'origine nell'occhio, la direzione dello scarto angolare rispetto all'asse del cono visivo (quindi rispetto a una direzione), la profondità legata alla lunghezza del raggio [cfr. Simon 1988, p. 99]. Con questa sua teoria – che potrebbe oggi apparire quasi “animista”, prevedendo raggi visivi di natura pressoché tattile – Tolomeo tenta, in realtà, di riunire il problema proiettivo e il problema metrico in un'unica operazione, resa possibile proprio dall'asse del cono e dalla sua natura di semiretta orientata. Lo sguardo di Tolomeo non è più uno sguardo geometrico e astratto: il punto-occhio euclideo diventa sensibile e lo sguardo risulta orientato in uno spazio che, a sua volta, non è indifferenziato. La percezione dell'orientamento dell'asse di questo sguardo è resa possibile dalla consapevolezza che il soggetto vedente possiede delle relazioni reciproche di corpo, testa, occhio, sguardo. Se l'osservatore euclideo era contratto al punto da divenire una semplice posizione nello spazio (il punto *E* utilizzato nelle sue dimostrazioni), per Tolomeo il soggetto vedente partecipa con tutte le sue facoltà alla funzione del vedere. Inoltre, l'asse visivo e il suo orientamento impostano, per il solo fatto di essere in uno spazio, una organizzazione gerarchica dello spazio stesso: abbiamo visto come ciò che si trova presso l'asse appaia nitidamente, mentre ciò che è posto lateralmente (o in alto, o in basso) risulti sfocato. L'evidente implicazione psicologica di questa lettura sembra nuovamente allontanare la visione tolemaica dall'astrazione propria della teoria prospettica, tanto quanto proprio la direzione dello sguardo sembrava avvicinare il cono tolemaico al cono prospettico.

Fondamentale risulta la possibilità di scegliere un punto privilegiato di fissazione dello sguardo. Nella visione

monoculare ciò dà luogo a un asse (in termini proiettivi: proiettare un punto da un altro punto significa individuare la retta che appartiene ad entrambi); nella visione binoculare si individua un punto (punto di convergenza dei due assi visivi, o intersezione delle due rette proiettanti). A questo particolare punto di fissazione dello sguardo binoculare può essere associata, come vedremo, un'altra retta particolare: si tratta della retta che passa per il punto di fissazione ed è perpendicolare al segmento che congiunge i due occhi nel suo punto medio. Tolomeo chiamerà questa retta «asse comune».

Se, con l'introduzione dell'asse del cono visivo, Tolomeo sembra anticipare la direzione principale della costruzione prospettica e, al contempo, quelle che saranno definite "deformazioni prospettiche", la prospettiva stessa sembra sentire l'esigenza di prendere le distanze da una lettura psicologicamente troppo coinvolgente, per ristabilire i paletti di una irrinunciabile riduzione geometrica della complessità del reale. Tolomeo, attraverso la sensibilità del raggio visivo e con il ruolo predominante assegnato a luce e colore nella visione, sembra rendere possibile una registrazione quasi fotografica della realtà che la codifica prospettica dovrà ridurre ai suoi elementi fondamentali. Eppure proprio i primi codificatori quattrocenteschi percepiranno al contempo la necessità di superare lo schema geometrico in cui la prospettiva rischia di impastoiarsi: non è un caso che Leonardo da Vinci senta l'esigenza di introdurre la densità dell'aria nella sua teoria prospettica. Ma tutto questo risulterà più chiaro laddove ci soffermeremo adeguatamente sul ruolo del colore nella visione tolemaica.

Torniamo invece alla questione della localizzazione dell'oggetto della visione.

«La vista – scrive Tolomeo – distingue la posizione dei corpi (*situs corporum*) e la conosce per mezzo della posizione dei suoi propri principi, dei quali abbiamo

31. I principi della vista sono, per Tolomeo, il vertice e l'asse del cono visivo: Tolomeo 1957, II.20, p. 20.

già parlato [31], e attraverso la distribuzione dei raggi che dall'occhio cadono su questi corpi: i dati relativi alla distanza (*longitudo*) [li apprende] dalla lunghezza (*quantitas*) dei raggi condotti dall'apice del cono visivo, i dati relativi a latitudine e profondità (*latitudo et profunditas*) dal loro scarto simmetrico (*distantia con-simile ordine*) rispetto all'asse [32]. Per questi motivi si possono percepire le differenze di posizione. Ciò che è visto da un raggio più lungo, appare più lontano, poiché la differenza di lunghezza è percepibile (*sensibile*). [...] Gli oggetti che appaiono più in alto sono quelli [che si trovano] più vicino alla nostra testa, mentre quelli che appaiono più in basso sono quelli che sono visti da raggi posti più in basso e più vicini ai piedi. Allo stesso modo, ciò che è visto da raggi che si trovano a destra appare a destra e ciò che visto da raggi [che si trovano] a sinistra appare a sinistra. E così, dalla distribuzione della posizione dei raggi (*per ordinationem situs radiorum*) gli oggetti appaiono più nitidi perché questi raggi non si dirigono verso tutti i punti che sono nell'intorno dell'apice. Senza questa condizione accadrebbe che vengono a confondersi l'alto e il basso, la destra e la sinistra; e non ci sarebbero mai posizioni determinate dell'oggetto nel caso in cui tutte le posizioni apparissero confuse» [Tolomeo 1989, II.26, pp. 25, 26]. Poiché il termine "*latitudo*" si riferisce alla direzione destra-sinistra, "*profunditas*" è relativo a quello che noi indicheremmo con alto-basso e "*longitudo*" è invece la lunghezza di una retta o di un raggio [Lejeune 1989 p. 87], Tolomeo ci sta dicendo che il cono visivo distingue la posizione dei corpi e la percepisce tramite la posizione del suo vertice e del suo stesso asse, e tramite le posizioni relative dei raggi che cadono su questi oggetti dall'occhio. Il sistema di coordinate in cui Tolomeo blocca la posizione spaziale di un oggetto fa dunque riferimento al soggetto osservante, localizzando il mondo fenomenico in termini soggettivi rispetto a un'origine

32. Lejeune nota come si tratti delle tre coordinate spaziali riportate al soggetto: "*longitudo*" sarebbe la distanza relativa, "*quantitas*" la lunghezza dei raggi visivi, "*distantia*" il loro scarto rispetto all'asse: Lejeune 1957, n. 29, p. 25.



precisa ed esattamente individuabile. Secondo questa impostazione, un singolo cono visivo è in grado di fornire sufficienti informazioni riguardo alla posizione nello spazio dell'oggetto osservato, esattamente come avveniva per Euclide, rispetto al quale Tolomeo aggiunge la necessità di una localizzazione precisa e di una valutazione della distanza, nel momento stesso in cui sembra dirci che deve essere innanzitutto stabilito "distanza da cosa". Questo è un problema che non riguardava la visione euclidea. Relativamente alla collocazione spaziale degli oggetti, dunque, la visione stereoscopica sembrerebbe non fornire informazioni essenziali: eppure vedremo quanta parte essa assumerà nel lavoro di Tolomeo.

Ma Tolomeo non può ancora essere soddisfatto dell'impostazione che ha dato al fenomeno visivo. Il problema sta nel fatto che la nozione di grandezza ottenuta dalle sole sensazioni visive non è sufficiente, poiché – Euclide *docet* – possono apparirci uguali due grandezze che non lo sono affatto. All'interno dell'angolo visivo euclideo noi percepiamo la grandezza dell'oggetto, la quale risulta definita dalla congiungente i due punti estremi dell'oggetto stesso. Tolomeo non può accontentarsi, poiché il suo problema va oltre il punto di vista euclideo: se Euclide si poteva limitare a valutare cosa appare maggiore e cosa appare minore, Tolomeo deve arrivare a definire l'esatta posizione dell'oggetto e la sua reale grandezza. Come abbiamo visto, egli si pone innanzitutto un problema di rapporti metrici e quantitativi e, a questo scopo, il confronto non è sufficiente. Per questo egli deve mettere in campo molte più variabili di quelle prese in esame da Euclide. L'occhio è in grado di integrare (a volte anche correggere) le informazioni ricavate per mezzo dell'angolo visivo, ma per fare questo ha bisogno di introdurre i rapporti reciproci tra distanza, orientamento e angolo: «Dunque se tut-

to resta invariato tranne la distanza, l'orientamento e gli angoli visivi, ciò che ci permette di affermare che un oggetto è più grande è, per quanto riguarda le distanze, ciò che si trova più vicino; per quanto riguarda l'orientamento ciò che è frontale: in questi due casi gli angoli sono, in effetti, più grandi» [Tolomeo 1989, II.53, pp. 38-39] [33].

Qui Tolomeo sta introducendo, senza peraltro soffermarsi in questa sede, un concetto che risulterà fondamentale alla formazione delle immagini speculari ma anche delle prime immagini prodotte dalla teoria della prospettiva lineare: la supremazia della posizione frontale.

Poco oltre egli introduce anche il concetto di una soglia del visibile, superata la quale non ci è possibile distinguere distanze, posizioni reciproche, sfumature di colore. Si tratta dei «*minima visibiles*», che forniscono una precisa indicazione di quanto poco astratta e geometrica fosse la visione tolemaica e di quanto, invece, essa possa essere confrontata direttamente con l'immagine pittorica [34]. Dell'immagine prospettica pittorica, d'altronde, Tolomeo sembra aver colto quantomeno due ulteriori elementi fondamentali: la mancanza di una relazione di biunivocità [Tolomeo 1989, II.64 e ss., pp. 46 e ss.] e la possibilità di stabilire una relazione che lega l'immagine di una forma alla forma stessa.

Con Tolomeo, dunque, distanza, posizione, direzione o giacitura di un oggetto non sono affatto indifferenti, tanto che egli arriva a trattare della deformazione di figure piane non perpendicolari rispetto a un particolare raggio visivo, quello che intercetta il loro centro. Ciò avviene, ad esempio, per l'immagine di una circonferenza o per quella di un quadrato: «in effetti – nota Tolomeo – di lati e diametri uguali quelli che sono perpendicolari ai raggi visivi centrali sottendono un angolo più gran-

33. I teoremi in cui Tolomeo analizza l'apparenza di un oggetto al variare di uno o dell'altro parametro sono diversi: cfr. Tolomeo 1957, pp. 54 e ss.

34. «Sembra che nella valutazione relativa di questi oggetti – cosa che deriva dalla consuetudine – si parta da un pregiudizio, non dal reale orientamento o dalla reale distanza. In effetti, quando si ha una sensibile differenza tra gli angoli o un oggetto più inclinato o più distante, o si ha l'impressione che sia più piccolo, anche se si tratta dello stesso oggetto, o che in apparenza non lo si ritenga più piccolo di un altro, ma uguale, noi giudichiamo che uno dei due è maggiore. Di conseguenza, quando la differenza di orientamento o di distanza è impercettibile, i due oggetti appaiono uguali, mentre se essa è significativa si verifica il contrario»: Tolomeo 1957, II.58, p. 41. Cfr. Lejeune 1948, p. 98.

de di quello sotteso dagli stessi elementi obliqui»  
[Tolomeo 1989, II.72, p. 49].

Questa posizione rende estremamente importante quel particolare raggio che intercetta il punto medio di un segmento, ovvero il punto centrale di una figura. Se questo particolare raggio visivo coincide con l'asse del cono visivo, noi otteniamo un'immagine poco deformata poiché i raggi proiettanti punti simmetricamente disposti dell'oggetto avranno uguale lunghezza e formeranno un angolo uguale con l'asse del cono.

Sia dato, ad esempio, il segmento  $AB$  e sia  $M$  il suo punto medio. Sia l'occhio posto in  $O$  e sia lo sguardo orientato secondo l'allineamento  $OM$ . I casi sono due: che  $OM$  risulti ortogonale ad  $AB$  o che esso sia obliquo (figure 47, 48).

Nel primo caso i due raggi  $OA$  e  $OB$  sono di pari lunghezza e formano angoli uguali rispetto all'asse  $OM$ , nel secondo caso, pur essendo  $AM$  uguale a  $MB$ , il raggio visivo  $OA$  risulta minore del raggio  $OB$  e l'angolo in  $A$  è maggiore dell'angolo in  $B$ .

Ma la posizione frontale assumerà importanza ancora maggiore nella trattazione della visione stereoscopica all'interno dell'opera di Tolomeo.

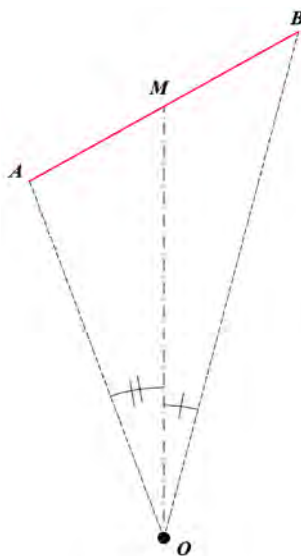


Fig. 47.  
Osservazione del segmento  $AB$   
dall'occhio posto in  $O$ , con  $AB$   
ortogonale a  $OM$ .

Fig. 48.  
Osservazione del segmento  $AB$   
dall'occhio posto in  $O$ , con  $AB$  obliquo  
rispetto a  $OM$ .

## Stereoscopia e giacitura privilegiata: il piano frontale

Tolomeo divide in due parti la trattazione della visione stereoscopica: una prima esposizione del problema è affrontata nel *II libro* come seguito della teoria della localizzazione monoculare degli oggetti [Tolomeo 1989 II.27-46, pp. 26-35], e si interrompe bruscamente dopo la trattazione di cinque esperienze che mettono in luce esistenza e causa delle immagini doppie, rimandando il seguito a una trattazione successiva. Il resto si trova nel *III libro*.

Nel secondo libro Tolomeo definisce la diplopia omonima e incrociata, ovvero si occupa di stabilire quali siano gli oggetti che sono visti sdoppiati (*quae vista sunt in duobus locis*). Come abbiamo visto, l'introduzione dell'asse del cono visivo avente una particolare direzione nello spazio definisce un criterio gerarchico sul quale confrontare la nitidezza del visibile. Cosa succede se si prendono in considerazione due occhi e i due relativi coni visivi? Immediatamente gli assi visivi diventano due, e, poiché lo sguardo è orientato, per Tolomeo essi convergono verso un particolare punto: il punto di fissazione [35]. Si verifica che tra tutti i punti dello spazio saranno visti non sdoppiati (*in uno loco*) quelli raggiunti da due raggi omologhi ("*radii consimiles*" o "*radii consimile ordine*"), mentre apparirà scoppiata l'immagine di tutti gli altri punti dello spazio. Cosa sia da intendersi per "*radii consimile ordine*" è alquanto complesso: Tolomeo definisce raggi corrispondenti «*qui vidlicet habent in unaquaque utrarum pyramidum positionem consimilem et aequalem respectu proprii axis sui*» [Tolomeo 1989, II.27, pp. 26, 27]. Se "*consimilem*" può essere inteso come dato qualitativo (situati dallo stesso lato dell'asse), "*aequalem*" starebbe per un dato quantitativo: che formano con l'asse angoli uguali [Lejeune 1989, p. 141]. Esiste una linea mediana lungo la quale gli assi fondono le loro sensazioni, rappresentata dalla retta or-

35. In questa esperienza e in quelle che seguono Tolomeo fa uso di un regolo corto munito di due cilindri verticali alti e sottili (*G* e *D*) posti a distanza ravvicinata tra di loro e dalle estremità del regolo, che è posizionato perpendicolarmente alla linea congiungente gli occhi *A* e *B* nel suo punto medio *C*.

togonale alla congiungente i due occhi passante per il suo punto medio: questa retta è detta da Tolomeo “asse comune”. Immaginiamo, ad esempio, di fissare un punto **G** con due occhi posti in **A** e in **B** [Tolomeo 1989, II. 34-35, p. 29]: automaticamente i due assi visivi convergeranno in **G** (figura 49). La retta **GD** rappresenta la linea mediana, o asse comune. Il punto **G**, appartenendo ad entrambi gli assi, sarà visto non sdoppiato. Il punto **D**, sempre sull'asse comune ma più lontano dal soggetto che sta orientando il suo sguardo su **G**, apparirà invece sdoppiato, poiché gli angoli che i due raggi **AD** e **BD** formano rispettivamente con **AG** e **BG** sono uguali in ampiezza, ma uno a destra, l'altro a sinistra del rispettivo asse (figura 50).

In poche parole, si potrebbe pensare che l'operazione compiuta da Tolomeo porti i due assi visivi a sovrapporsi alla linea mediana (il che spiega perché Tolomeo la definisce “asse comune”), facendo coincidere gli apici **A** e **B** dei due coni visivi con il punto medio della congiungente **AB** (figura 51): se, in queste condizioni, i due angoli  $\alpha$  e  $\beta$  risultano sovrapposti, allora il punto **D** è

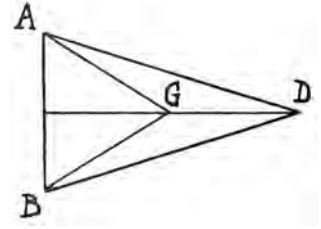


Fig. 49  
Tolomeo. Visione binoculare. Gli occhi posti in **A** e in **B** riguardano due punti **G** e **D** posti a distanza diversa lungo l'asse comune.

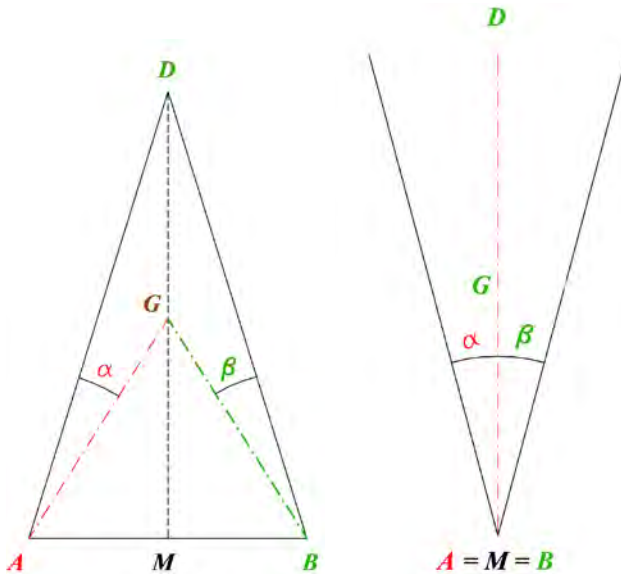


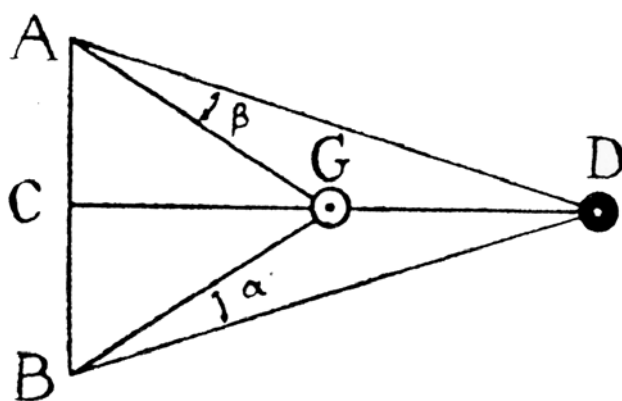
Fig. 50  
Il punto **G** è visto non sdoppiato dagli occhi posti in **A** e in **B**, mentre **D** appare sdoppiato.

Fig. 51  
Sovrapponendo **AG** e **BG** gli angoli  $\alpha$  e  $\beta$ , che riguardano **D** rispettivamente da **A** e da **B**, non si sovrappongono: questo, per Tolomeo, spiega lo sdoppiamento dell'immagine del punto **D**.

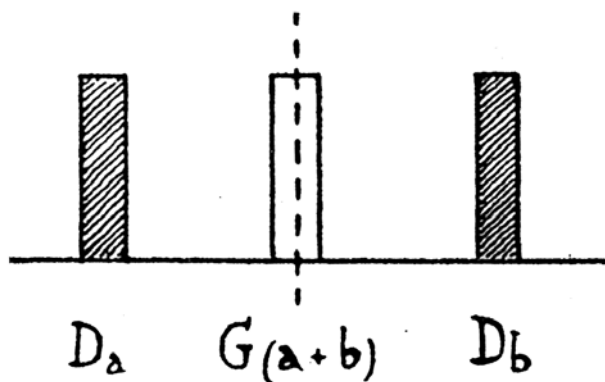
Fig. 52

Tolomeo 1989: visione stereoscopica di due cilindri posti in  $G$  e in  $D$  con punto di fissazione in  $G$ .

visto non sdoppiato, altrimenti esso darà luogo a due immagini distinte, una relativa all'occhio destro, una al sinistro (figura 52). Questa ricomposizione dei due coni in un'unica figura avente un solo apice, permette di ricondurre il problema della visione binoculare a quello della teoria della visione monoculare. Ma qual è dunque il luogo dei punti del piano dello sguardo che daranno luogo a immagini non sdoppiate? [36] In realtà, come nota Lejeune, se i raggi corrispondenti sono individuati dal fatto che ciascuno forma con il relativo asse un angolo di pari ampiezza e ugualmente orientato, il luogo geometrico dei punti del piano dello sguardo che non sono visti sdoppiati dovrebbe coincidere con la circon-



36. Tolomeo non prende mai in considerazione gli scarti verso l'alto o il basso ma solo quelli diretti a destra o a sinistra, e si occupa solo di scarti appartenenti al piano dello sguardo. Nella sua teoria la diplopia è causata dalla parallasse orizzontale dei due vertici dei coni visivi. Rispetto al piano verticale di simmetria della testa gli occhi occupano posizioni diverse e presentano una distanza, ma sono immaginati sempre alla stessa altezza: i due assi non possono dunque convergere o divergere in direzione alto-basso, e si può avere solo diplopia orizzontale: cfr. Lejeune 1948, p. 146.



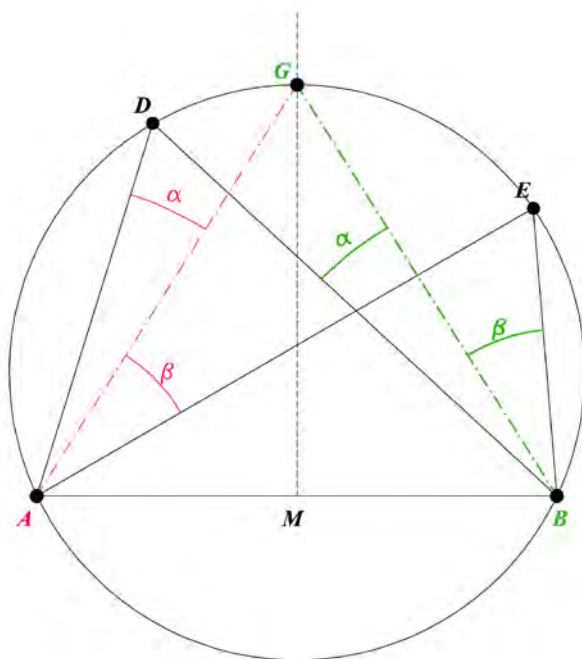


Fig. 53

Siano **A** e **B** i vertici dei due coni visivi e **G** il punto di fissazione. Tutti i punti della circonferenza che appartiene a **A**, **B**, e **G** dovrebbero essere visti non sdoppiati, ma Tolomeo non sembra accorgersene.

ferenza che passa per il punto di fissazione dello sguardo (**G**) e per i vertici dei due coni visivi (**A** e **B**) (figura 53) [Lejeune 1948, pp. 144, 165]. Ma Tolomeo non sembra rendersi conto di questa linea circolare, luogo delle immagini non sdoppiate, e adotta invece una legge del tutto diversa che, seppure inesatta, risulta fondamentale per capire il modo in cui la sua *Ottica* può realmente unificare visione diretta (monoculare e binoculare) e catottrica.

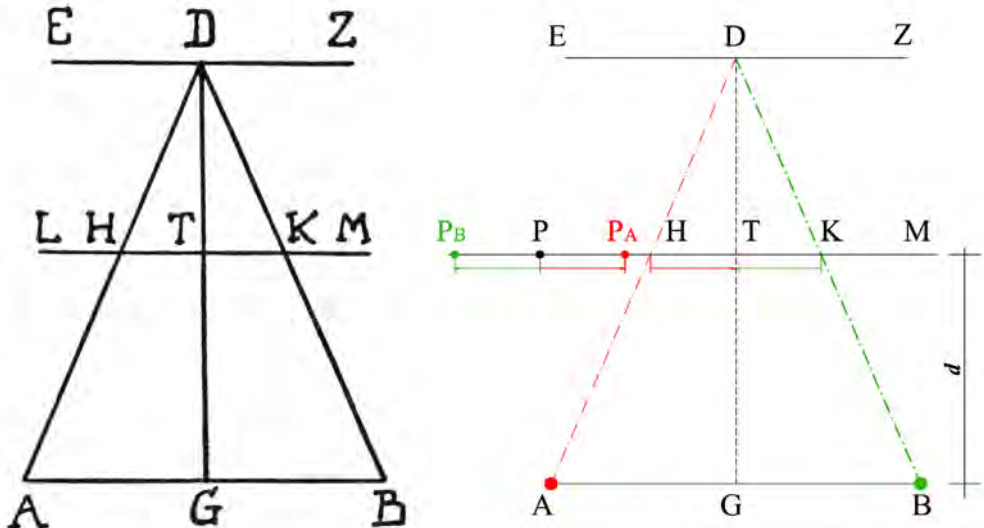
Per arrivare alla definizione di questa legge dobbiamo procedere, nella lettura del testo di Tolomeo, fino ad arrivare alla seconda trattazione della visione binoculare, dopo aver introdotto le leggi generali della riflessione [Tolomeo 1989, III.3-24, pp. 88-102]. Stavolta il problema della visione binoculare è affrontato per rispondere al quesito sulla effettiva localizzazione delle immagini apparenti degli oggetti visti, che siano sdoppiate oppure no. Tolomeo immagina dunque ancora una volta gli occhi **A** e **B**

che fissano un oggetto posto in **D** (figura 54) [Tolomeo 1989, III.26-31, pp. 102-105]. Sia **GD** la linea mediana perpendicolare ad **AB**. L'oggetto posto in **D** è visto "semplice" e la sua immagine sarà localizzata al suo vero posto (*una et in ipso loco quo est*). Gli oggetti che si trovano sulla retta **EDZ** (retta frontale per il punto di fissazione dello sguardo, perpendicolare a **GD**) godono delle stesse proprietà rispetto a **D**: appariranno cioè non sdoppiati e nel loro vero luogo. Un oggetto posto in **T** sarà invece visto sdoppiato e le sue immagini appariranno posizionate in **H** e in **K**. Due oggetti posti in **H** e **K** (essendo il regolo orientato parallelamente alla base **AB**) danno immagine comune in **T**. Inoltre **H** appare in **L** e **K** in **M**, essendo  $LT = HK = TM$ .

Se si sposta il punto di fissazione in **T**, il punto **D** apparirà allo stesso tempo in **E** e in **Z**. In poche parole, Tolomeo sembra ipotizzare che per quanto riguarda la percezione della profondità, gli oggetti dello spazio circostante appariranno all'osservatore a una distanza pari alla reale distanza tra l'oggetto stesso e la congiungente gli occhi. Per quanto attiene invece alla localizzazione dell'oggetto, la sua immagine apparirà nel medesimo luogo dell'oggetto reale se l'oggetto si trova lungo l'asse comune o sulla retta frontale per il punto di fissazione, slittata in tutti gli altri casi. L'ampiezza di questo slittamento è data dalla distanza lineare misurata sulla retta frontale per l'oggetto, ed è pari alla distanza tra l'asse comune e il punto-oggetto: «In generale, per la visione diretta, dobbiamo stabilire quale è la legge dei luoghi apparenti degli oggetti: il loro scarto in rapporto agli oggetti reali è funzione dello scarto dell'asse comune rispetto all'asse proprio e questo scarto è la perpendicolare condotta dagli oggetti all'asse comune» [Tolomeo 1989, III.36, p. 106].

Consideriamo ora un qualunque punto **P** dello spazio compreso tra l'osservatore e il punto di fissazione. La domanda è: dove appariranno le immagini visive di **P** relative a ciascun occhio? (figura 55). Torniamo quindi a fissare il





punto  $D$  dagli occhi  $A$  e  $B$ . Per quanto riguarda la distanza,  $P$  apparirà distante esattamente di una quantità pari a  $d$ , effettiva distanza di  $P$  dalla congiungente  $AB$ . Dunque le due immagini  $P_A$  e  $P_B$  del punto  $P$ , relative rispettivamente all'occhio  $A$  e all'occhio  $B$ , risulteranno slittate lungo la retta frontale passante per  $P$  stesso. Resta da determinare l'ampiezza di questi slittamenti. Tolomeo ci dice che lo slittamento sarà pari alla distanza tra l'asse comune  $GD$  e i rispettivi assi propri ( $AD$  e  $BD$ ), misurata sulla retta frontale per  $P$ . Tale distanza (uguale per i due occhi), è data dai due segmenti orientati  $HT$  e  $KT$ . Dunque le due immagini si troveranno in  $P_A$  e in  $P_B$ .

Al di là dell'esattezza dell'osservazione di Tolomeo, bisogna notare che in questo modo nasce una retta frontale che assume importanza fondamentale nell'ambito dell'ottica tolemaica. La linea circolare precedentemente definita dall'esposizione di Tolomeo ma da questi non nominata, diventa dunque una retta frontale nella seconda trattazione del problema della visione binoculare. Se è vero che le due linee tendono a coincidere quanto più

Figg. 54, 55

A sinistra: Tolomeo 1989, visione binoculare. A destra: elaborazione della figura precedente (dell'autore).

il punto di fissazione si allontana dall'osservatore (ovvero all'aumentare del raggio della circonferenza che appartiene ai due occhi e al punto di fissazione) [Lejeune 1989 p. 151], di fatto Tolomeo sembra fornire due diverse soluzioni del problema della localizzazione delle immagini binoculari.

Confrontando i ragionamenti condotti nei paragrafi successivi [Tolomeo 1989, III.32 e ss., pp. 105 e ss.] è possibile concludere che Tolomeo ci sta fornendo una diversa versione del concetto di raggi omologhi o corrispondenti: l'uguaglianza degli angoli deve essere sostituita con lo scarto lineare misurato sulla retta frontale [37], e ciò avviene, non a caso, nel mezzo dello studio delle leggi che regolano la visione binoculare.

Conseguenza immediata di questo principio per cui l'immagine di un punto ("*locus apparitionis*") appare sempre slittata lungo la retta frontale passante per il punto stesso è che l'immagine di una retta frontale continua a essere una retta frontale (ciascun suo punto sarà visto, semplice o sdoppiato, al suo posto o slittato sempre lungo la medesima retta).

Degno di nota, in un confronto con i successivi sviluppi della teoria prospettica, è il fatto che Tolomeo riconosca – e lo fa in più di un'occasione – che l'immagine di un oggetto è un oggetto della stessa specie: l'immagine di una retta sarà una retta, quella di una circonferenza sarà una linea chiusa rispondente a una particolare legge geometrica. Ma cosa succede se un oggetto di osservazione non è più una retta frontale ma una retta comunque orientata? Si tratta di un problema che Tolomeo non manca di porsi (figura 56) [Tolomeo 1989, III.34, 35, p. 106]. La trattazione risulta, come è ovvio, alquanto complessa, e non vale la pena di soffermarvisi, se non per notare come il problema sia di difficile soluzione da un punto di vista pratico quale potrebbe essere quello pittorico. L'introduzione della capacità sensoriale di distinguere l'orientamento del segmento obliquo deve apparire un ar-

37. Si veda l'ampia trattazione dell'argomento in Lejeune 1948, pp. 145 e ss.

gomento alquanto delicato allo stesso Tolomeo, poiché il problema diventa metricamente insolubile. Considerando invece i piani frontali si verifica che lo scarto tra il vero luogo di un oggetto e il punto in cui sarà percepita la sua immagine tende a diminuire per oggetti situati tra l'osservatore stesso e il punto di fissazione dello sguardo man mano che l'oggetto si allontana dall'osservatore per avvicinarsi al punto di fissazione (perché diminuisce la distanza tra ciascun asse visivo e l'asse comune). In questo caso la diplopia è incrociata. Per oggetti posti oltre il punto di fissazione tale distanza aumenta all'aumentare della distanza dall'osservatore; inoltre la diplopia diventa omonima. Evidentemente, tutti gli oggetti di un particolare piano frontale appariranno nel loro vero luogo e non sdoppiati: si tratta del piano frontale per il punto di fissazione. «Questa – scrive Tolomeo – è la ragione per cui la vista, la quale ha un rimarchevole desiderio innato di percepire gli oggetti con precisione, orienta i suoi assi fino alla loro intersezione sul centro della grandezza che abbraccia e si dispone in un orientamento frontale: è così che la posizione degli oggetti appare corretta e nitida. Altrimenti, se il punto di intersezione degli assi non si trova a eguale distanza da una parte e dall'altra [non si trova sull'asse di simmetria dell'oggetto], perché l'oggetto sia nitido il suo slittamento in rapporto alla posizione reale non sarà grande» [Tolomeo 1989, III.46, p. 111].

Dunque, i punti appartenenti al piano frontale per il punto di fissazione non subiscono alcuno spostamento apparente, mentre le immagini degli oggetti che si trovano su qualsiasi altro piano frontale subiscono tutte un medesimo spostamento, che risulta così nullo: gli oggetti appartenenti ai piani frontali mantengono, nella visione di Tolomeo come nella teoria prospettica, la “vera forma”.

Il piano frontale, nella visione diretta come nella visione riflessa nello specchio piano, può essere definito come «piano della fusione binoculare» [Tolomeo 1989, III.4-41, p. 109: cfr. Lejeune 1948, pp. 156 e ss.] e assume, nel lavoro di Tolomeo,

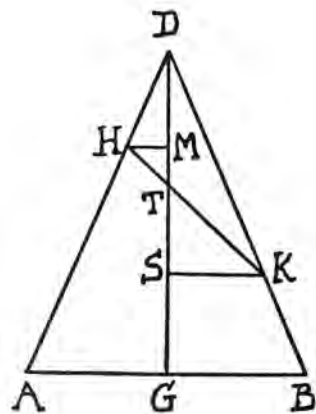


Fig. 56  
Tolomeo 1989: visione binoculare.

un'importanza che ritroviamo nella pittura parietale romana precedente e coeva al trattato di Tolomeo, ovvero la grande decorazione prospettica a soggetto architettonico. Tutto ciò troverà un ulteriore riscontro nella prevalente, duratura frontalità del piano di quadro nella prospettiva lineare del Quattro e del Cinquecento. «È di conseguenza dimostrato – scrive ancora Tolomeo – che ciò che appare in questo modo con i due occhi deve essere visto in due luoghi sia separati sia fusi quando guardiamo frontalmente (*“secundum oppositionem”*) verso lo stesso punto di fissazione, quando nulla turba lo sguardo. Poiché il suo irraggiamento è troppo limitato per raggiungere tutte le direzioni, il flusso sensoriale si sposta dall'interno della grandezza completa e raggiunge la fissazione dei due assi in un tempo molto breve, con una rapidità senza pari» [Tolomeo 1989, III.58, p. 115].

Resta da mettere in relazione queste osservazioni con quelle relative alla incidenza delle immagini di oggetti posizionati simmetricamente rispetto allo sguardo monoculare e all'importanza dell'angolo di incidenza del raggio visivo con l'oggetto («gli oggetti perpendicolari ai raggi sono visti meglio di quelli che non si trovano in questa posizione. In effetti tutto ciò che cade perpendicolarmente ha un impatto maggiore sugli oggetti di ciò che cade obliquamente») [Tolomeo 1989, II.19, 35, pp. 19-20] per avere, a fianco delle osservazioni sulla frontalità, precise indicazioni su un altro punto di imprescindibile centralità della decorazione parietale prospettica antica: la simmetria.

Va sottolineato il fatto che, nella trattazione della visione stereoscopica, Tolomeo non può prescindere dallo stabilire con certezza il punto di fissazione, elemento determinante ai fini della localizzazione dell'immagine dell'oggetto tanto in profondità (distanza dall'osservatore), quanto in direzione. Tolomeo stabilisce così la centralità del rapporto reciproco tra soggetto osservante e oggetto della visione: analogamente la prospettiva partirà dal rapporto tra centro di proiezione e oggetto.

## Il piano frontale e lo specchio

Tra la prima la seconda trattazione della visione stereoscopica Tolomeo inserisce le leggi fondamentali della catottrica; dopo la seconda trattazione egli riprende lo studio della riflessione, introducendo proprio il problema degli specchi piani. Dunque Tolomeo sa esattamente che esiste una forte relazione che lega visione diretta (le particolari condizioni che ha fino a questo punto trattato: frontalità, simmetria, illuminazione) e immagine speculare: resta da passare, di nuovo, dal doppio cono stereoscopico al cono visivo monoculare per rendere possibile la questione della determinazione delle immagini speculari. Tolomeo affronta questo argomento proprio prima di addentrarsi nell'analisi degli specchi piani. Per passare dai due coni visivi al cono semplice è necessario innanzitutto avere sotto controllo la formazione delle immagini non sdoppiate, «cosa che si verifica quando osserviamo con due occhi il punto dell'oggetto che è osservato dall'uno dei due e quando nulla viene alterato nel movimento [di fissazione] normale» [Tolomeo 1989, III.61, 35, p. 117].

Esiste per Tolomeo una "facoltà direttrice" ("*virtutem regitavam*") che ci permette di riunire in un unico asse (l'asse comune) la sensibilità di ciascun asse proprio. «Questa facoltà fonde [gli assi propri] in un'unica e sola retta sulla direzione dell'asse comune tra i vertici dei due coni» [Tolomeo 1989, III.61, p. 118]. «A questo punto nulla impedisce, nelle dimostrazioni relative agli specchi, qualora si consideri una sensazione relativa a un solo occhio e una percezione unica rapportata a un unico centro (*ab uno principio*), di prendere in considerazione uno di quei casi in cui, come si è detto, la percezione risulta dall'unificazione della sensazione degli oggetti che appaiono fusi» [Tolomeo 1989, III.62, p. 118].

Ora Tolomeo è effettivamente libero di passare dalla visione diretta alla catottrica, limitando il ragionamento a quegli oggetti che non appariranno sdoppiati [Tolomeo

1989, III.63, p. 118]. Resta da osservare che, come nello studio del fenomeno visivo non mediato egli, se pure ha incontrato una linea circolare, la ha trascurata per spostare l'attenzione sulla disposizione frontale dei piani-oggetto e dei piani-immagine, allo stesso modo per lo studio delle immagini speculari partirà da specchi innanzitutto piani, in secondo luogo verticali, in terzo luogo disposti frontalmente. La visione sferica non ha mai fatto – ne farà – la sua comparsa nel lavoro di Tolomeo. Di più: Tolomeo si sofferma anche a spiegare perché la sfericità della pupilla non interferisce con la propagazione dei raggi visivi e con il processo di formazione delle immagini, e questo è detto proprio nella trattazione della catottrica. Poiché la pupilla non è un corpo opaco ma «assume la natura di uno specchio convesso con la caratteristica forma e lucentezza», ogni singolo raggio la attraversa secondo la normale alla tangente, non riportandone alcuna deviazione [Tolomeo 1989, III.16, pp. 96, 97]. Inoltre, come individuava nella retta frontale passante per il punto di fissazione il luogo delle immagini non alterate né spostate, così per lo studio degli specchi Tolomeo avrà cura di scegliere come oggetto una retta posta frontalmente rispetto alla superficie speculare e perpendicolare all'asse del cono, che, in questa disamina, è diventato monoculare.

La perfetta sintonia tra immagine speculare (nella trattazione tolemaica) e immagine prospettica appare fin dai primi paragrafi relativi alla catottrica, laddove Tolomeo non può esimersi dallo specificare innanzitutto che ciò che intendeva con il termine “occhio” è il vertice del cono visivo [Tolomeo 1989, III.66, p. 119], in secondo luogo che «negli specchi piani un solo raggio visivo vede un'unica immagine di un solo oggetto, se questo non subisce spostamenti, qualunque sia la sua distanza dallo specchio» [Tolomeo 1957, III.68, p. 120]. Egli ha dunque impostato in maniera esplicita, seppure non relativamente alla costruzione delle immagini pittoriche, due cardini

della teoria prospettica: l'unicità del punto di vista – cosa che gli è costata un impegnativo discorso esplicativo che per Euclide non avrebbe avuto motivo di essere – e la corrispondenza univoca tra oggetto e immagine. La natura rettilinea di questi raggi, come abbiamo visto, era già presente nell'ottica più antica. Tolomeo sembra rendersi conto che, rispetto alle questioni relative alla visione diretta, i problemi che sottostanno alla formazione delle immagini speculari sono più semplici perché è possibile affrontarli e risolverli nel piano costituito dal raggio incidente e dal raggio riflesso, per definizione convergenti proprio nel punto-immagine.

Euclide risolveva nel piano del singolo angolo visivo tutti i problemi di confronto tra grandezze, escludendo così la continuità dello spazio-contenitore: Tolomeo può recuperare la tridimensionalità del reale pur affrontando i problemi tramite l'individuazione di particolari piani utili. Questo è quello che farà proprio della teoria prospettica – e, soprattutto, delle sue applicazioni – un metodo in grado di risolvere qualsiasi problema spaziale complesso. Sul rapporto tra la catottrica di Tolomeo e la costruzione delle immagini prospettiche già molto è stato detto, a partire dalle più volte ricordate osservazioni di Beyen [Beyen 1939]: richiamiamo però, anche se velocemente, le tre leggi fondamentali definite da Tolomeo.

La prima di queste leggi sostiene che il punto-immagine  $P'$  apparirà sullo specchio (figura 57) nel suo punto di intersezione con quel particolare raggio visivo che, a seguito

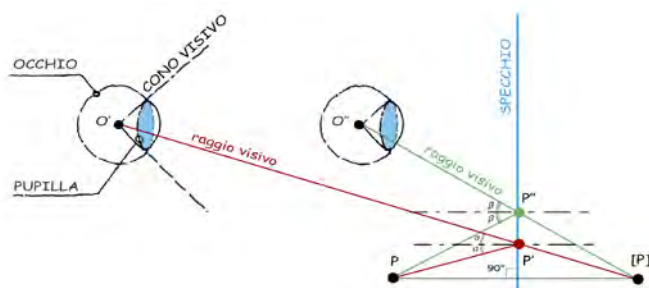


Fig. 57  
Tolomeo 1989: formazione dell'immagine sulla superficie speculare.

della riflessione, raggiunge l'oggetto *P*. Questa direzione dipende, ovviamente, dalla posizione dell'occhio rispetto allo specchio; anche l'immagine di conseguenza varierà posizione sullo specchio.

La seconda legge constata che ogni punto apparirà sul prolungamento della perpendicolare allo specchio passante per il punto-oggetto.

La terza legge stabilisce che il raggio incidente e il raggio riflesso formano angoli uguali con la perpendicolare allo specchio per il punto di riflessione [Tolomeo 1989, III.3, p. 88].

Queste tre leggi sono sufficienti. Per loro tramite vengono stabiliti i tre ordini di realtà: esiste innanzitutto il mondo fenomenico tridimensionale degli oggetti reali, in secondo luogo il mondo piano e illusorio delle immagini speculari, infine esiste – e risulta determinante a collegare gli altri due – un mondo “virtuale” simmetrico del mondo reale: il mondo delle immagini che appaiono “oltre” lo specchio. Il mondo fenomenico è il mondo delle «*res videndae*», mentre il mondo che abbiamo definito “virtuale” posto oltre il piano delle immagini-specchio è rappresentato dalle «*formae*» e dagli oggetti. Molti traduttori commentatori traducono il termine “*forma*” con “immagine”, e ciò rischia di ingenerare qualche confusione, laddove il confronto avvenga con le immagini prospettiche. In prospettiva definiamo “immagine” l'intersezione di una retta proiettante con il piano di quadro, sia che l'oggetto reale che viene sottoposto a proiezione si trovi davanti al quadro, sia che esso sia posto oltre. L'immagine prospettica risulterà sempre perfettamente allineata: centro di proiezione, punto-oggetto e punto-immagine risulteranno allineati. L'immagine si trova sempre sul piano della rappresentazione. Si può avere un'immagine anche di un punto che appartenga al quadro: in questo caso, punto-oggetto e punto-immagine coincideranno.

Nella costruzione catottrica di Tolomeo, invece, la “*forma*” assume il valore di realtà da rappresentare, anche se della “realtà reale” le *formae* sono solo una sostituzione



virtuale. Esse devono essere immaginate oltre il piano dello specchio. Solo in rari casi possono appartenere alla superficie speculare: si tratta di punti che non subiranno una reale riflessione, poiché si annulla la retta ortogonale al piano dello specchio. Ciononostante, osservare il punto reale, la sua *forma* o la sua immagine speculare significherà osservare lo stesso punto.

Per la teoria prospettica è indifferente che un oggetto si trovi davanti o oltre il piano di quadro, mentre in uno specchio io posso osservare solo ciò che si trova tra me e lo specchio: ciò che si trova oltre il piano speculare è occultato dalla stessa presenza dello specchio e non può dare luogo alla formazione di immagini.

Inoltre, va ricordato, Tolomeo parla sempre di visione non mediata, quindi di oggetti presenti sulla scena, mentre la prospettiva catturerà sul piano delle immagini la realtà effettivamente osservabile intorno allo spettatore, ma pretenderà anche di modificarla, reinventarla, ampliarla, manipolarla a proprio piacimento: il mondo fenomenico e quello virtuale risultano continuamente interscambiabili. Se dunque, nella catottrica, esiste un primo mondo reale (quello degli oggetti fisici), e un secondo mondo virtuale (il loro doppio oltre lo specchio), il terzo mondo, quello delle immagini che si formano sullo specchio, sembra essere quello dal quale Tolomeo è meno interessato. Lo specchio diventa semplicemente il luogo dei «*puncti in locis quibus apparent res videndae*»: il suo fine è stabilire la posizione delle *formae* in relazione agli oggetti reali e l'immagine che si forma sullo specchio fornisce il necessario tramite per questa operazione. Il problema, per Tolomeo, si pone in questi termini: io sono nello spazio e osservo gli oggetti intorno a me in uno specchio, ma dove si trova ciò che quelle immagini mostrano?

È, di nuovo, il problema inverso della prospettiva. Ancora una volta si può dire che il problema è quello di controllare, metricamente e spazialmente, un'immagine prospettica già materializzata, non tanto di costruirla. Lo specchio impedisce la

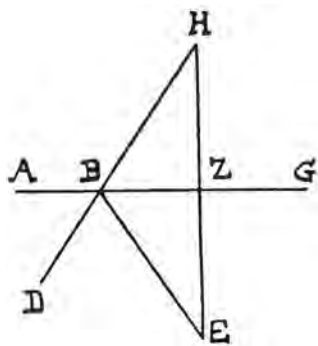


Fig. 58

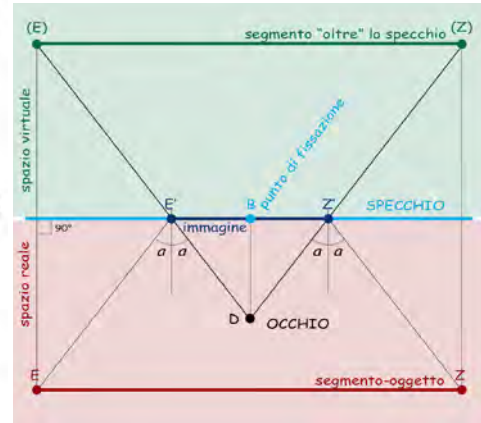
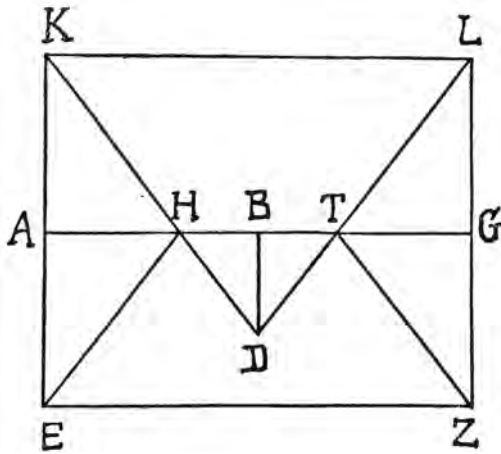
Tolomeo 1989: individuazione della posizione del punto *H*, doppio del punto-oggetto *E* oltre il piano dello specchio indicato con *AG*.

penetrazione del raggio [Tolomeo 1989, III.3, p. 88] che viene così riflesso. Ma non trattandosi di un corpo opaco (vedremo in seguito l'importanza che la qualità del corpo sul quale si arresta il raggio riveste per Tolomeo) lo sguardo non percepisce tale frattura e ha la sensazione di proseguire lungo la sua traiettoria, mentre in realtà subisce un "rimbalzo": poiché, rispetto al punto in cui avviene l'impatto, oggetto reale e oggetto virtuale sono equidistanti, si verifica che per l'occhio non c'è distinzione tra il mondo al di qua della superficie speculare e il mondo "oltre" (figura 58).

Il fatto che coprendo il punto in cui avviene l'impatto del raggio visivo con lo specchio viene occultata alla vista la forma dell'oggetto reale (e, viceversa, se quel punto viene scoperto l'immagine virtuale ricompare) [38] serve a dimostrare l'appartenenza dei tre punti (occhio, immagine speculare, immagine virtuale) al medesimo allineamento, esattamente come avviene per la costruzione prospettica, ma non sembra che l'attenzione di Tolomeo sia rivolta alla determinazione dell'immagine che si forma sullo specchio. Ciò che «*debet apparere*» nello specchio [Tolomeo 1989, III.5, pp. 89-90; si veda anche III.77, p. 123] è infatti la realtà virtuale: «l'immagine [virtuale] di un oggetto sarà vista dunque come l'oggetto visto senza ostacoli» [Tolomeo 1989, III.14, p. 95]. In altre parole, Tolomeo non ci insegna a costruire una prospettiva, ma ci assicura che l'immagine speculare piana corrisponde all'immagine, che noi definiremmo "prospettica", di una realtà analoga a quella reale. E tutto ciò riesce a farlo senza nominare affatto la prospettiva: il piano dello specchio non esiste perché il soggetto osservante non è in grado di percepirlo.

L'osservazione immediata dell'insieme dei punti di riflessione risulta intercambiabile rispetto all'osservazione diretta della realtà virtuale oltre lo specchio, ovvero del mondo delle forme, a loro volta direttamente correlate al mondo fenomenico reale. Tutto ciò avviene punto per punto, vale a dire rispettando una precisa corrisponden-

38. Si tratta di un'esperienza non originale nell'ambito dell'ottica antica: Tolomeo 1956, III.4, p. 89.



za univoca: perché la corrispondenza risulti biunivoca e dunque certa e, soprattutto, misurabile, è necessario che oggetti reali, forme e punti di riflessione siano tutti e tre individuati, o che lo siano due di essi e la posizione dell'occhio. Le regole della prospettiva lineare sono tutte in quest'osservazione di Tolomeo. Per stabilire con esattezza la forma virtuale, Tolomeo non esita a ritenere opportuno e necessario disporre l'oggetto di studio frontalmente rispetto allo specchio, poiché «questa è la sola posizione per cui anche negli specchi sferici, non si hanno deformazioni in errore sugli oggetti e sulle loro forme»

[Tolomeo 1989, III.77, p. 124]. Lo scienziato attribuisce tale importanza a questa affermazione che sente l'esigenza di riprendere e specificare meglio il concetto stesso di "posizione frontale": «ciò che intendiamo per posizione frontale (*recta*) è quella posizione per cui il raggio visivo che cade nel centro (*in medium*) della linea che unisce le due estremità dell'oggetto forma con l'oggetto stesso due angoli retti» (figura 59) [Tolomeo 1989, III.78, p. 124] [39]. Il concetto di frontalità sarà ripreso, nell'ambito della visione diretta anche da Lorenzo Ghiberti, che raccomanda che la piramide visiva, la cui base continua a coincidere con il corpo visibile, abbia il vertice sulla retta ortogonale

Fig. 59

A sinistra: Tolomeo 1989, disposizione frontale di un oggetto *EZ* rispetto al piano dello specchio *AG*. A destra: elaborazione della figura di Tolomeo (dell'autore). Si noti che l'oggetto è posto alle spalle dell'osservatore. Questo ha senso, poiché si tratta di costruire un'immagine riflessa su una superficie speculare; in una costruzione prospettica avrebbe invece poco significato rappresentare qualcosa che si trova alle spalle del centro di proiezione.

39. Analoga definizione a proposito della visione diretta si trova in Tolomeo 1956, II.53, pp. 38, 39.

alla base stessa, «perché l'occhio giudica male per linee non perpendicolari» [Ghiberti 1998, p. 91: cfr. Nicco Fasola 1942, p. 66]. E Ghiberti, come Tolomeo, sa che la visione è binoculare e che, in condizioni normali, le due immagini sono riunite in una sola, anche se, nella maggior parte dei casi, esse appaiono sdoppiate [40]: egli è consapevole del fatto che la prospettiva non può che rispondere a una generalizzazione e a una astrazione del fenomeno visivo [Mesnil 1927, p. 125]. Le basi de *I Commentarii* sono da ricercare senz'altro nell'ottica medievale e nel lavoro di Alhazen, ma Ghiberti ci offre l'unica *summa* delle conoscenze nel campo della visione della Firenze del XV secolo, e l'influenza dell'impostazione di Tolomeo sull'ottica medievale e, di conseguenza, sul Rinascimento, appare senz'altro evidente [41]. Ancora una volta torniamo a riflettere sull'opportunità di frontalità e simmetria: sembra di sentir descrivere una decorazione parietale prospettica antica a soggetto architettonico così come i primi sforzi prospettici della genesi quattro e cinquecentesca della prospettiva.

## La percezione del colore nella trattazione di Tolomeo

40. «Tutti i trattati medievali di prospettiva riservavano lunghi approfondimenti al problema della fusione delle semi-immagini prodotte dai due occhi. La prospettiva lineare, al contrario, adotterà le condizioni della visione monoculare»: Raynaud 2001, pp. 79-81.

41. Sul problema delle fonti ottiche de *I Commentarii* si veda: Raynaud 2001b, pp. 79-81. Si veda anche: Raynaud 2016.

Nell'*Ottica* di Euclide non si trova alcun riscontro di un confronto con il fare artistico del pittore, ma Tolomeo dimostra di fatto in più di un'occasione di interessarsi a questa realtà, e in alcuni passaggi fa esplicito riferimento alla pittura e all'arte pittorica. I primi riferimenti li ritroviamo già nelle prime righe di quanto ci è rimasto dell'*Ottica*, dove Tolomeo parla delle illusioni ottiche dovute a una luce colorata portando ad esempio una luce «*quod coloratur per quosdam flores vel alias colorantes*» [Tolomeo 1989, II.94, pp. 79-81]. Il termine "*flores*" potrebbe arrivare, come sostiene Lejeune, dal termine greco "*ἄνθος*", che significa letteralmente "fiore", ma anche "vernice bril-

lante": la traduzione latina del termine potrebbe quindi facilmente essere errata. Va anche sottolineato che sia Plinio il Vecchio che Marco Vitruvio Pollione fanno riferimento a "colori floridi", da entrambi contrapposti ai colori "austeri" [Plinio 2000; Vitruvio 1993]. Che si voglia attribuire a questa distinzione una valutazione sulla preziosità dei pigmenti colorati ("floridi" sarebbero i colori ricchi, quindi costosi; "austeri" quelli più accessibili), che la si voglia riferire alla composizione dei colori stessi (laddove "austeri" potrebbe essere tradotto con "secchi", mentre "floridi" starebbe per "vividi", "freschi" [Plinio 2000, *Annotazione* 30, p. 165], o che, infine, si voglia seguire l'interpretazione di Maurizio Harari, che precisa che sono da ritenere austeri i colori opachi, cioè coprenti, adatti alla pittura a fresco, mentre floridi sarebbero quelli «lucidi e trasparenti (per le tavole ad encausto)» [42], l'allusione al trattamento delle superfici pittoriche degli ambienti è evidente. Più oltre Tolomeo associa invece la percezione della profondità alla luminosità dei colori e fa esplicito riferimento ai decoratori parietali ("*pictores domorum*") che «scelgono per gli oggetti che vogliono mostrare lontani (*remota*) colori austeri e velati (*aerei latenti*)» [Tolomeo 1989, II.124, p. 74].

Un nuovo, preciso accenno al modo in cui il pittore controlla le illusioni che non mancano di ingenerarsi nella visione si ha poco oltre: la percezione della forma di un oggetto, legata alla sensibilità della base del cono visivo, può essere alterata da qualunque accidente che intervenga a mutare tale sensibilità. A seconda del modo in cui i colori appaiono disposti, infatti, una superficie può apparirci convessa oppure concava: «ecco perché il pittore che intenda rappresentare queste due figure per mezzo dei colori sceglie per la parte che vuole mostrare in rilievo un colore vivace (*lucidus*), mentre per la parte che vuole che sia percepita come concava sceglie un colore spento e più scuro (*latens et obscurior*)» [Tolomeo 1989, II.127, p. 76].

42. Maurizio Harari. (2000). *Plinio il Vecchio e la Storia delle Arti Antiche*. In Plinio 2000, p. 19.

Sempre alla rappresentazione pittorica, stavolta del volto umano, Tolomeo fa riferimento ancora una volta a proposito delle illusioni ottiche [Tolomeo 1989, II.132, p. 79]. Dunque illusioni percettive e colore sembrano formare, per Tolomeo, un tutt'uno, e questo si materializza nell'arte pittorica, che sfrutta al meglio questa sinergia per recuperare proprio la terza dimensione nel piano della rappresentazione.

Ma cos'è dunque questo colore [43], e in che modo esso si rapporta al fenomeno visivo e all'immagine pittorico-prospettica?

Nell'ottica antica, come abbiamo visto, fenomeno visivo e fenomeno luminoso appaiono inscindibili. Allo stesso modo la luce è fortemente legata al colore. Se nel lavoro sulla scienza della visione di Euclide luce e colore si fanno notare per la loro assenza, è perché egli non si interessa che di relazioni geometriche: «egli ha solamente bisogno di rette, di punti e di angoli: tutte le sue dimostrazioni si effettuano in bianco e nero, o perlomeno secondo i tracciati monocromi del geometra» [Simon 1988, p. 64]. Poiché, secondo la lettura di Tolomeo, l'ottica deve abbracciare tutti i fenomeni relativi alla visione (quindi gli aspetti geometrici ma anche quelli fisiologici e psicologici), luce e colore tornano ad assumere, nel suo lavoro, l'importanza che Euclide aveva loro negato. Se già Aristotele riteneva il colore oggetto principale della visione poiché grandezza, forma e quant'altro sono percepiti attraverso altri sensi [Simon 1988, p. 64], Tolomeo arriverà ad affermare che il colore appartiene allo stesso genere al quale appartengono tanto la luce che il flusso visivo: si tratta del genere "luminoso" [Lejeune 1948, p. 65]. «Per gli antichi – scrive Simon – visione e visibile si concepiscono circolarmente l'uno attraverso l'altro: per questa impossibilità di scindere ciò che è visto dalla capacità di vederlo, anche i colori non possono non essere parte dell'oggetto. Solo con Isaac Newton (1642-1726) e con difficoltà il colore è stato assegnato

43. È probabile che nel I libro, che è andato perduto, Tolomeo fornisse indicazioni più precise su cosa effettivamente sia il colore, e forse concludeva che nell'arcobaleno ci sono sette colori fondamentali, affermazione che gli viene attribuita da Olimpiodoro (480-565 ca.) nella *Meteorologia*. La composizione dei colori a partire dal bianco e dal nero ha origini peripatetiche: altre teorie antiche fanno derivare i colori da tre colori fondamentali o da quattro: cfr Lejeune 1948, pp. 27, 28. Certamente Tolomeo considera il bianco e il nero come due colori fondamentali, dal mélange dei quali nascono altri colores medii: "da ciò che abbiamo detto appare chiaro che il flusso visivo conosce il colore per il tramite di una colorazione che gli viene dal di fuori. Conosce, ad esempio, il bianco perché sbianca, il nero perché scurisce, e lo stesso per i colori intermedi": Tolomeo 1957, II. 24, pp. 23, 24.

alla luce e ciò che riteniamo il colore di un oggetto non è ciò che l'oggetto ritiene, ma ciò che esso rifiuta, vale a dire non assorbe, della luce» [Simon 1988, p. 89]. Per Tolomeo la vista è lo strumento attraverso il quale ci è dato percepire i corpi, la loro grandezza, colore, forma, posizione etc., ma la vista stessa nulla può se non interviene «qualcosa di luminoso e qualcosa di opaco» [Tolomeo 1989, II.2, p. 12]. Oggetto stesso della visione sono «i corpi lucidi e densi (*"lucida spissa"*)» [Tolomeo 1989, II.2, p. 12]. Ciascuno dei cinque sensi risponde infatti a un oggetto che gli è proprio: per la vista questo oggetto è la luce [Tolomeo 1989, II.13, p. 17]; la densità è invece l'elemento necessario ad arrestare il percorso dei raggi visivi, che altrimenti continuerebbero la loro corsa all'infinito senza dar luogo alle immagini. La luce è ciò che viene visto senza mediazione: in maniera mediata sono invece recepiti i colori, che necessitano della presenza della luce stessa.

Ciononostante, il colore è la prima cosa che viene percepita di un corpo: grandezza, forma e posizione non sono viste che per mezzo della mediazione compiuta dalle loro superfici, le quali coincidono con i colori, che derivano dalla qualità della luce [Tolomeo 1989, II.5, p. 13]. Dunque il colore è l'espressione prima della superficie dei corpi, e questo, come abbiamo visto, è l'oggetto vero delle immagini. Se è vero che ciascun senso possiede il suo proprio oggetto, è altrettanto vero che alcuni di questi oggetti sono comuni a diversi sensi: è il caso della percezione spaziale, che risulta legata sia alla vista che al tatto, che mostrano così di avere molto in comune. Essi hanno in comune la percezione di grandezza, forma, posizione, movimento, ma come la compattezza è una sensazione esclusiva del tatto, così il colore lo è della vista [Tolomeo 1989, II.13, p. 17]: «ciò che è visto in maniera immediata sono i colori, poiché, eccetto la luce, niente che non abbia colore può essere visto» [Tolomeo 1989, II.5, p. 13]. Insieme, forma e colore rappresentano i sensibili

immediati, quelli, cioè, che permettono di percepire tutti gli altri. Anzi: la forma è percepita attraverso le delimitazioni del colore: dove il colore termina immaginiamo che termini il volume, se un colore ci appare in movimento, percepiamo il movimento del corpo cui esso è associato. Tant'è – nota Tolomeo – che se in un disegno manca la linea di demarcazione tra corpi distinti sono i colori che ci forniscono indicazioni sui volumi, e se i colori non possono essere distinti, non lo sono neanche le forme degli oggetti rappresentati [Tolomeo 1989, II.10, I I, pp. 15, 16]. Se ciò avviene, come peraltro avevamo già notato, è perché la cosa che ci appare per prima, dei corpi, è la loro superficie, «il limite della loro grandezza», e la caratteristica primaria delle superfici è proprio il colore: «ed è per questo che gli antichi chiamavano colori le superfici» [Tolomeo 1989, II.12, pp. 16, 17]. Le informazioni spaziali non intervengono che in un secondo momento con l'intermediazione dei colori. Forma, grandezza e posizione di un oggetto non modificano in alcun modo il cono visivo; è il colore che ci fornisce informazioni su queste caratteristiche, essendo limitato e localizzato in maniera del tutto precisa: «la vista riconosce immediatamente i colori luminosi: le altre cose invero per loro mediazione, ma non in quanto colori, ma solo in quanto al fatto stesso che hanno dei limiti» [Tolomeo 1989, II.7, p. 13].

Ma torniamo ai “*lucida spissa*”, ai corpi riflettenti e compatti che rappresentano l'oggetto della visione. Gli oggetti devono in qualche modo risultare luminosi, o perché lo sono di loro, o perché sono illuminati da una fonte luminosa. La luce stessa può essere vista a prescindere dal colore, allora si ingenera quel fenomeno della “*illuminatio*” che risulta doloroso e innaturale; ma il caso normale è quello della “*coloratio*”, che è la “*passio*” che si genera dalla percezione dei colori chiari. I colori hanno dunque un riscontro non solo psicologico, ma anche fisiologico sul soggetto osservante. La persistenza del fenomeno della *coloratio* si realizza nella visione diretta quando osserviamo un colore eclatante e,



distogliendo lo sguardo, ne riportiamo l'impressione sugli altri oggetti [Tolomeo 1989, II.107, p. 66], ma essa si verifica anche per riflessione del flusso visivo su uno specchio colorato: di nuovo i raggi portano sull'oggetto l'impressione raccolta a contatto con lo specchio [Tolomeo 1989, II.108, p. 66]. La stessa cosa avviene per la rifrazione: dunque, per Tolomeo, nel flusso visivo si verifica una modifica per il fatto che gli stessi raggi vengono in contatto prima con un colore, poi con un altro [Tolomeo 1989, II.108, p. 67]. Questo fa parte degli "*accidentes*" e delle "*passiones*" che possono occorrere al flusso visivo [44].

Resta da definire il modo in cui il colore contribuisce a definire la localizzazione dell'oggetto e restituire la sensazione spaziale e la profondità prospettica al visibile.

È evidente che i fenomeni qui descritti possono essere riferiti tanto ai raggi luminosi quanto ai raggi visivi, e questo perché, come si è detto, i raggi visivi altro non sono se non un'altra specie di luminoso. Così, come la luce si propaga nell'aria e si arresta quando incontra un corpo illuminandolo, perché un oggetto sia visto è necessario che il raggio visivo – che si muove anch'esso in un mezzo trasparente – sia intercettato da un corpo, il che si traduce nella percezione della presenza di un oggetto colorato. Ugualmente, perché il colore possa fornire informazioni sulla distanza è necessario che i raggi visivi siano fermati, altrimenti la sensazione di colore viene proiettata su un altro oggetto che si trova oltre, come accade se il raggio attraversa un mezzo trasparente, a meno che il corpo che ferma i raggi non sia del tutto incolore, nel qual caso non si vede nulla.

Più la compattezza del corpo e la sua resistenza alla penetrazione sono in grado di arrestare l'impatto del flusso visivo, più la sensazione visiva risulterà decisa e forte. Anche il raggio visivo, al pari di quello luminoso, subisce degli *accidentes* dovuti alla densità del mezzo che attraversa o che lo respinge. Il vetro viene attraversato dal flusso visivo permettendo di vedere oltre,

44. Nelle sue *Ipotesi ottiche*, Damiano tenta un parallelo tra gli accidenti che possono occorrere ai due tipi di radiazioni: entrambe traversando gli stessi mezzi subiscono deviazioni analoghe e danno luogo a raggi incidenti e riflessi uguali, ed entrambe si colorano per rifrazione o riflessione: Damiano 1897, 14, 16, 20. Cfr. Lejeune 1948, p. 72.

ma se è colorato, lascia allo sguardo parte della sua colorazione; il buio lascia il flusso alla sua stessa oscurità; i "*lucida spissa*" impediscono in maniera definitiva l'ulteriore penetrazione della vista. Alcuni colori hanno in questo processo l'efficacia maggiore, come i gialli e i rossi, soprattutto se appaiono luminosi e compatti o riflettenti come lo specchio, altri colori hanno efficacia minore nell'arrestare i raggi.

Chiaramente, perché la materia del colore possa essere percepita devono essere presenti luce e "*claritas visu*", ovvero chiarezza dello sguardo, ma l'intensità e la nitidezza della percezione visiva sono funzione, come abbiamo visto, anche del modo in cui i raggi cadono sull'oggetto, e della distanza che riescono a percorrere prima di perdere intensità. Con queste affermazioni, dunque, Tolomeo torna alla definizione dell'appartenenza alla giacitura frontale e simmetricamente disposta rispetto all'*axis communis* come posizione privilegiata nello spazio che circonda l'osservatore.

Colore e percezione della profondità, inoltre, sono dunque un'unica cosa, e, insieme alla materia (sostanza degli oggetti del mondo fenomenico), partecipano in maniera



Fig. 60  
Napoli, Museo archeologico.  
Lacerto di pittura pompeiana.



Fig. 61  
Roma, Palatino, Casa di Augusto.  
Particolare della decorazione parietale  
della Sala delle Maschere.



Fig. 62, 63, 64  
Roma, Palatino, Casa di Augusto.  
Particolari della decorazione parietale  
della Sala delle Maschere.

determinante alla restituzione della terza dimensione nel processo visivo.

Cercando di ricondurre queste osservazioni in precetti pratico-applicativi utili all'opera del pittore per trasferire sul piano tutto ciò, sembra, nelle parole di Tolomeo, di ritrovare lo sforzo di una sistematizzazione scientifica dell'impiego dei colori caratteristici della decorazione parietale romana, della levigatezza delle sue superfici e della loro compattezza materica, degli improvvisi decadimenti di saturazione del colore in corrispondenza delle aperture e degli sfondamenti, della ricorrente presenza di elementi di vetro posti contro il vuoto e attraversati dalla luce, descritti tramite un sapiente gioco di velature di colore (figure 60-64).

Ai riferimenti diretti alla pittura individuata in apertura di questo paragrafo possiamo allora aggiungerne altri, validi nei casi in cui «la forma non può essere distinta e riconosciuta dalla conformazione del flusso visivo a contatto con l'oggetto, ma a partire da uno qualsiasi degli *accidentes* suddetti», e il fatto che le immagini compaiono sul piano della decorazione può essere inteso come uno di questi particolari casi [Tolomeo 1989, II.127, p. 76]. «Ciò che è *lenitum* – scrive Tolomeo – è visto meglio di ciò che è aspro, poiché dalla rugosità deriva una confusione, dal momento che le sue parti non sono ordinate, mentre le parti di un corpo lucido

hanno una certa compostezza, e la luce è loro inerente (*inest ei lumini*)» [Tolomeo 1989, II.19, pp. 19, 20]. E ancora: «per esempio quando due oggetti sottendono lo stesso angolo a distanze uguali, quello che ha il colore meno vivo appare più grande; [...] lo stesso effetto risulta dal contrasto dei colori. L'oggetto il cui colore è più sfumato (*occultus*) appare più lontano e nello stesso tempo è stimato più grande, come è il caso di oggetti che siano realmente tali, vale a dire quelli che appaiono sotto angoli uguali, mentre le distanze di alcuni di loro sono maggiori» [Tolomeo 1989, II.1276, pp. 75-76].

Affrontato il colore, i suoi accidenti, il suo ruolo determinante, Tolomeo può tornare a parlare in termini di angoli (così farà per la catottrica), ma quando tutto manca, quando il confronto è soggetto all'influsso delle illusioni, il controllo torna ad essere gestito tramite il colore stesso. L'arte antica sembra dunque rappresentare il colore prima della forma. Anche Panofsky aveva notato che nella pittura romana forma e colore dei corpi subiscono importanti mutamenti in ragione della distanza e del *medium* interposto poiché «Vengono rappresentati con tale virtuosistica audacia, che lo stile di questi dipinti poté essere considerato un fenomeno precorritore, anziché parallelo al moderno impressionismo, per quanto non giungesse mai a una luce unitaria» [Panofsky 1999 (1927), p. 51]. Panofsky annota questa osservazione subito dopo aver affermato che la "digradazione" delle misure in profondità non segue, nelle pitture prospettiche dell'antichità, una legge coerente. Bisogna aggiungere a questa osservazione che la luce, secondo quanto codificato da Tolomeo, non poteva e non doveva essere unitaria, pena la perdita di articolazione spaziale. Lejeune appare dunque più acuto nell'associare la teoria del colore di Tolomeo al fatto che egli sembra avere una nozione già abbastanza precisa degli effetti della prospettiva cromatica

e della sua applicazione alla pittura [Lejeune 1948, n. 1, p. 92]. Se la storia dell'arte ha parlato di una funzione didascalica e di un impiego simbolico del colore dell'arte antica – in pittura come in architettura e in scultura – e del fatto che «è molto probabile che ogni colore corrispondesse anche ad una categoria o assolvesse una funzione» [Salveti 1998, p. 87; Manzelli 1994], la scienza della visione sembra affidare al colore stesso un ruolo di mediazione con il problema fondamentale della rappresentazione: la riduzione e la terza dimensione del piano delle immagini.

### **La visione tra Euclide e Tolomeo: il contributo di Lucrezio**

Il *De rerum natura* di Tito Lucrezio Caro (98/94-50/55 a.C.), poema latino in esametri scritto nel I secolo a.C., è un'opera composta di sei libri raggruppati in tre diadi. Durante il Medioevo il poema era andato perso: il suo ritrovamento presso la biblioteca dell'Abbazia di San Gallo, in Svizzera, avvenne nel 1417 ad opera di Poggio Bracciolini (1380-1459).

Trascritto in latino ad opera di Niccolò Niccoli (1364-1437 ca.), il poema, basato su un forte credo atomista ed epicureo, ebbe modo di circolare nell'ambito della cultura umanista e rinascimentale e di ottenere larga diffusione (figure 65, 66).

Il *IV libro* del poema è quello che più da vicino affronta temi che possono essere ricollegati alle teorie della visione e che, quindi, riguarda più da vicino l'argomento che viene qui trattato.

L'opera di Lucrezio si colloca proprio a cavallo tra il trattato di scienza della visione di Euclide e quello di Tolomeo. Euclide, infatti, scrive nel III sec. a.C., Lucrezio nel I a.C., mentre Tolomeo redigerà la sua *Ottica* intorno al II secolo.



Se Lucrezio viene qui affrontato dopo Tolomeo nonostante, in termini cronologici, il *De rerum natura* anticipi l'*Optica* dello scienziato alessandrino, è perché Lucrezio è un poeta e non un fisico. Il suo modo di affrontare il problema della visione è certamente letterario, figurato, filosofico, ma difficilmente lo si può ritenere scientifico. Eppure Lucrezio, per sua stessa ammissione, è consapevole di «aspergere del dolce miele delle Muse [una dottrina che] appare spesso | troppo ostica a quanti non l'abbiano conosciuta a fondo» [Lucrezio 2000, IV.18-22, p. 333].

Egli è dunque consapevole del suo ruolo di mediatore nel difficile processo di apprendimento dei meccanismi che regolano il mondo dei fenomeni che ci circondano e ci coinvolgono.

Come già detto, gran parte del IV libro del *De rerum natura* tratta della visione, e se anche la struttura letteraria del poema è del tutto diversa da quella dei trattati di ottica di Euclide e di Tolomeo, resta il fatto che la materia è la stessa: quella che Euclide razionalizza e porta su un piano geometrico, quella che Tolomeo misura e sperimenta, quella che Lucrezio racconta e descrive.

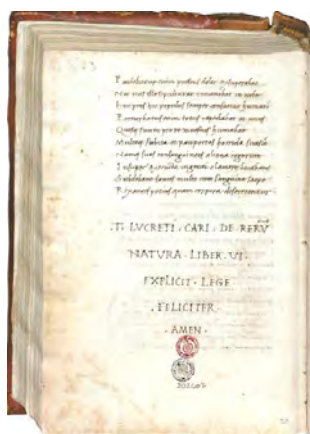


Fig. 65  
Lucrezio. *De rerum natura*.  
Frontespizio del I libro. Ms. Vat. lat.  
1569 fol. 1 recto.

Fig. 66  
Lucrezio. *De rerum natura*.  
Una pagina del manoscritto di Niccolò  
Niccoli.

In questi termini il *IV libro* del poema di Lucrezio può essere compreso nel suo pieno ruolo di anticipatore dell'elaborazione tolemaica del meccanismo che regola la visione solo dopo aver letto e compreso Tolomeo stesso. Solo così sarà possibile vedere come quel "miele" di cui Lucrezio ha cosperso le sue immagini letterarie abbia spesso occultato il fatto che, in realtà, egli stesse trattando informazioni che riceveva certamente da Euclide e dalle elaborazioni successive del suo testo, e che passava di mano, ponendosi come tramite proprio tra Euclide e Tolomeo [45].

È necessario, in un certo senso, depurare l'ottica di Lucrezio da un eccesso di fede epicurea e atomista, da questo suo credo a volte più forte della ragione e dell'osservazione stessa, ma non per questo sarebbe corretto trascurare questo passaggio fondamentale nella storia della descrizione del fenomeno della visione. Si tratta di un passaggio-cardine, che sembra anticipare Tolomeo in particolare in quegli elementi del suo lavoro in cui egli sembra saldare più da vicino scienza della visione e rappresentazione pittorica.

Ma c'è di più: proprio la natura poetica, letteraria, descrittiva del testo di Lucrezio permette quella sintesi che tanto manca a tutta la "questione" della prospettiva antica. Con pennellate veloci ed efficaci, come chi parli a un pubblico non selezionato di persone attrezzate solo per mezzo delle loro esperienze quotidiane, Lucrezio, prima di Tolomeo e senz'altro in maniera più esplicita di Euclide, traccia con mano sicura quel gesto che lega l'ottica alla pittura, la pittura al teatro, rendendo a un tratto davvero evidente ai nostri occhi il perché di tanta decorazione parietale antica, dei suoi soggetti e anche dei suoi colori. Nascendo nel solco della cultura atomista ed epicurea, la teoria della visione descritta nel *De rerum natura* risulta fondata su una teoria emissionista che prevede un flusso di corpuscoli quasi "scagliati" dai corpi e dagli oggetti tutt'intorno:

45. Lucrezio visse tra il 55-15 a.C. ca. Scritto nella seconda metà del I secolo a.C., il *De rerum natura* ebbe una prima edizione curata per la pubblicazione da Marco Tullio Cicerone dopo la morte del poeta, e che corrisponde probabilmente alla versione nota del poema, e una seconda curata da Valerio Probo nel I secolo.



*vi sono sulla parte esposta delle cose numerosi corpuscoli*  
*[multa minuta]*  
*che si prestano a essere scagliati nello stesso ordine*  
*in cui si trovavano, e a riprodurre la stessa immagine,*  
*e tanto più rapidamente, quanto meno frenati da un ostacolo.*  
 [Lucrezio 2000, IV.67-71, pp. 335-337].

E ancora:

*sempre infatti ciò che è alla superficie dei corpi trabocca,*  
*così da poter essere scagliato.*  
 [Lucrezio 2000, IV.145-146, p. 341].

Proprio per questo suo credo atomista, Lucrezio individua qualcosa che Euclide non può intuire e che Tolomeo sembra invece cogliere, qualcosa che, *mutatis mutandis*, sarà raccolto dalle teorie della visione a noi più vicine e dalla teoria proiettiva più astratta. Si tratta del fatto che l'irraggiamento che dà luogo alla visione parte dagli oggetti ed è diretto in tutte le direzioni, anche se, di tutto questo fluire, noi siamo in grado di accogliere soltanto ciò che può entrare all'interno del nostro occhio [46]. Oggi noi non siamo portati a dire che la visione parte dall'oggetto, ma certamente sappiamo che ciò che è visto è la luce riflessa dai corpi, luce che viene alterata per effetto delle "qualità" dei corpi, quali riflessione, trasparenza, levigatezza, scabrosità, forma, geometria.

Per il fatto stesso che per Lucrezio la visione parte dall'oggetto e non dall'occhio, dunque, il cono visivo non ha, nel modello suo descritto, alcun fondamento: esattamente quanto avrebbe stigmatizzato, in un contesto culturale enormemente distante, Kepler. Per il resto, nel *IV libro* del *De rerum natura* sono presenti praticamente tutti i fondamenti dell'ottica così come essa doveva essere conosciuta proprio tra Euclide e Tolomeo. Certamente lo sperimentalismo di cui è pervaso l'ap-proccio di Tolomeo impedisce all'alessandrino di par-

46. Che l'irraggiamento avvenga, a partire dall'oggetto, in tutte le direzioni è detto da Lucrezio in diverse occasioni, ad esempio: Lucrezio 2000, IV. 225P347; I V. 239-240, p. 349.

tire, nelle sue considerazioni sulla visione, dall'oggetto, costringendolo a riflettere innanzitutto sull'occhio. Per questo egli non può considerare effluvi che si dipartono dagli oggetti – anche se la sua teoria del colore cammina decisamente nel solco aperto dall'interpretazione corpuscolare di Lucrezio – ma gli impone di rifarsi all'emissione di raggi da parte dell'occhio, cosa che lo porterà a concepire orientamento del cono visivo e direzionalità dello sguardo.

Oggi sappiamo che l'occhio è un organo atto a ricevere i raggi luminosi e non è fatto per irradiare: questa consapevolezza, però, non ci allontana dall'approccio emissionista più di quanto ci allontana dalla teoria intromissionista atomista, e ciò avviene forse proprio perché in fondo, abbiamo assimilato fin troppo lo stretto legame tra il modello geometrico proposto da Euclide e il modello proiettivo-prospettico.

Nonostante il modello epicureo riproposto da Lucrezio si fondi su una teoria corpuscolare ed eccessivamente materica, quella che viene descritta è una visione in cui il soggetto osservante e il suo occhio "accolgono" la luce, cosa che avvicina questa impostazione a quella che l'ottica avrebbe in seguito elaborato.

Nel suo modello così pieno di fisicità, Lucrezio affronta, tra le altre, la questione della velocità con cui luce e immagini, anch'esse immaginate nella loro presenza materica, percorrono lo spazio che separa gli oggetti dall'occhio. Concepita in questi termini, la visione è dinamica e non può quindi prescindere dal rapporto che esiste tra lo spazio percorso e il tempo di percorrenza.

Una seconda caratteristica fortemente legata al movimento è relativa alla qualità della materia che viene penetrata durante lo spostamento.

I raggi visivi, nel loro tragitto, affrontano l'attraversamento di diversi mezzi, ciascuno dei quali ne altera la natura modificando l'apparenza di quelli che Lucrezio definisce

«*simulacra*». I mezzi attraversati dai raggi luminosi sono, per eccellenza, il vetro e lo specchio:

*E quando [il simulacro] raggiunge altri corpi,  
li attraversa, come soprattutto un vetro. Ma quando urta  
aspre rocce o ligneo materia, ivi subito  
si frantuma così da non poter più rendere alcuna immagine.  
Ma quando si imbatte in oggetti lucidi e levigati  
[splendida quae constant],  
come soprattutto uno specchio, non si verifica nulla di ciò.  
Infatti non può attraversarli, al pari di un vetro, e neanche  
disfarsi; è la stessa levigatezza provvedere a metterlo in salvo.  
Perciò accade che i simulacri rifluiscono a noi.*

[Lucrezio 2000, IV.146-154, p. 341-343].

Da questo deriva, come per Tolomeo, il diretto rapporto tra teoria della visione e teoria del colore, ma andiamo per gradi.

Dunque Lucrezio ritiene che dagli oggetti si dipartono corpuscoli infinitesimali: questi corpuscoli sono le immagini, che descrive come veloci, rarefatte, sottilissime, ma scagliate in tutte le direzioni [Lucrezio 2000, IV.161-1654, p. 343; IV.239-240, p. 349]. D'altronde, lo stesso spazio, per Lucrezio, «non ha fine né misura», ma «si apre in mezzo | in tutte le direzioni» [Lucrezio 2000, II.92, 93, p. 165].

Questo irraggiamento che parte dagli oggetti non lascia vuoti, come fanno invece i raggi visivi euclidei, ma è un *continuum*. Si può vedere in questo un altro concetto alla base dell'ottica di Tolomeo e anche di Galeno, basate su un cono visivo non discreto.

In questo fluire corpuscolare ininterrotto Lucrezio può anche anticipare un'altra fondamentale caratteristica della scienza della visione come essa sarà presentata da Tolomeo: non esistono più, infatti, tanti fenomeni visivi quanti sono gli oggetti (un cono visivo per ciascun oggetto, come sembra potersi dedurre da Euclide), quanto piuttosto:

*Esistono dunque sicure tracce delle forme,  
che aleggiano ovunque fornite di sottile trama,  
ma si possono scorgere isolate a una a una.*

[Lucrezio 2000, IV.87-89, p. 337].

Come abbiamo detto, questi corpuscoli costituiscono quella che per Lucrezio è la prima immagine.

Le immagini attraversano materialmente lo spazio in cui l'oggetto viene a collocarsi: parte di esse penetra nell'occhio, ma gran parte continua muoversi lungo la sua traiettoria fino a che questa non viene intercettata dalla presenza di un corpo capace di arrestarne la corsa. È questo il momento in cui le immagini ("*images*") si fanno simulacri ("*simulacra*"), restituendo la forma dell'oggetto che le ha generate:

*esistono quelli che chiamiamo simulacri dei corpi:  
questi, come membrane staccate dalla superficie  
delle cose, vanno volteggiando qua e là per l'aria*

[Lucrezio 2000, IV.30-32, p. 333].

Invertendo il verso di questi movimenti – o di questi raggi – emerge immediatamente la possibilità di un confronto con la teoria proiettiva: innumerevoli rette proiettanti si dipartono da un punto-centro di proiezione, incontrando gli oggetti. Alcune di queste rette proiettanti intercettano – in un punto che si trova tra il centro e l'oggetto o anche oltre l'oggetto – il piano delle immagini, dando luogo, in quel preciso punto, al "simulacro" prospettico, oggi comunemente detto "immagine".

Ma quali sono, per Lucrezio, le superfici in grado di raccogliere questi simulacri? Specchi, acqua e corpi "lucidi". Questi corpi sono definiti da Lucrezio con diversi termini; troviamo impiegati infatti «*splendore*», «*splendida quae constant*», «*levor*» [Lucrezio 2000, V.145-146, p. 341; IV.98, 99, p. 339; IV.150, p. 340; IV.153, p. 342].

*Inoltre tutte le sembianze [simulacra] che ci appaiono  
negli specchi, nell'acqua e in ogni corpo lucido,  
poiché hanno l'aspetto identico alle cose,  
devono necessariamente consistere in immagini proiettate da questi.*

[Lucrezio 2000, IV. 98-100, p. 339].

Lucrezio sta dunque dando, alla sua descrizione fisica, ma anche alla sua teoria filosofica, la struttura tipica dei trattati che concernono la scienza della visione, che ci appare immediatamente nella sua più antica tripartizione: essa può essere riflessa (catottrica), rifratta (diottrica), diretta. Questa tripartizione la troviamo in Euclide e, successivamente, in Tolomeo.

Così, per Lucrezio, la visione diretta avviene se un corpo lucido intercetta il flusso visivo, esattamente come dirà poi Tolomeo: la vicinanza tra lo splendore di cui parla il poeta e il “*lucida spissa*” dello scienziato farebbe addirittura pensare che lo studioso alessandrino intendesse proprio richiamare il poeta. Viene persino da chiedersi se il traduttore dell'*Ottica* di Tolomeo dall'arabo in latino, l'emiro Eugenio di Sicilia, non avrebbe fatto bene a ricorrere, nella versione latina del termine greco impiegato da Tolomeo, proprio a una delle espressioni di Lucrezio.

Il ruolo stesso del poeta è quello di rendere simulacri letterari le immagine eterree di cui tratta, e, per fare questo, ha bisogno di una materia “*lucida*”:

*deinde quod obscura de re tam lucida pango  
carmina*

[Lucrezio 2000, IV. 8-9, p. 331].

Dunque per Lucrezio una cosa è l'immagine, un'altra il suo simulacro: eterea impalpabile la prima («ora ascolta di quanto sottile natura consista l'immagine» [Lucrezio 2000, IV.110, p. 339]), materia ricostituita dopo un non tenero impatto il secondo [si veda, ad es., Lucrezio 2000, IV. 292-299, p. 353].

Un'immagine, di per sé, non è vista: e perché ciò avvenga è necessario, per essa, «*reddere visum*» [Lucrezio 2000, IV. 107, p. 338], ovvero restituire quella forma del reale di cui essa stessa è fatta.

Il simulacro di un oggetto reale diviene, in questo modo, molto prossimo a quello che noi potremmo definire una sua “rappresentazione”. Lucrezio, dunque, più di Euclide, meglio di Tolomeo, segue il percorso che trasforma l'oggetto in immagine potenziale (oggi diremmo senz'altro “virtuale”), e quest'ultima in immagine reale (il simulacro). Al termine del percorso sta l'immagine percepita: dunque, ancora una volta, l'uomo e i suoi sensi («*quapropter fit ut hinc nobis simulacra redundant*» [Lucrezio 2000, IV. 154, p. 342]). Lucrezio sembra descrivere quello che Euclide non dice: che la formazione dell'immagine consta di due parti, di due successive operazioni. C'è una fase di proiezione (quella che abbiamo chiamato “fase uno”) e una fase di intercettazione della proiezione, ovvero di sezione (la nostra “fase due”). Le due operazioni fondamentali per la creazione delle immagini del metodo prospettico trovano dunque proprio in Lucrezio la loro più evidente esemplificazione.

Specchi, acqua e corpi lucenti possono parimenti raccogliere le immagini proiettate attraverso l'aria, il che mostra come Lucrezio sia consapevole che questa fase due – che noi definiremmo di “sezione” – può essere attuata per mezzo di una superficie qualsiasi. Ricordando che l'ottica antica fa sempre riferimento a specchi piani, ma, contestualmente, anche a specchi concavi o convessi, viene da pensare che Lucrezio stia facendo riferimento a sezioni ottenute mediante l'intercettazione dei raggi da parte di una superficie piana (specchio piano, tela, tavola lignea, parete) oppure no (specchio concavo o convesso, superficie cilindrica o voltata, cupola).

Anzi: queste superfici raccolgono ciascuna una porzione delle emissioni corpuscolari derivanti dagli oggetti, concorrendo, tutte insieme, alla creazione dei simulacri. Questo scardina la corrispondenza geometrica semplice tra retta

proiettante e immagine propria della prospettiva lineare, ma si avvicina, molto più di quanto non faccia lo stesso Tolomeo, alla libertà espressiva propria della teoria proiettiva che sarà riscoperta, quasi come un gioco, dalle estreme conseguenze applicative della prospettiva stessa, come, ad esempio, le proiezioni anamorfiche. Quello che è certo è che si tratta dello stesso ruolo che, nella scenografia teatrale, assolvono le quinte e i fondali, ciascuno dei quali contribuisce a permettere allo spettatore la ricostruzione percettiva dell'insieme (figura 67).

Se causa della visione sono le immagini («perciò è evidente che la causa della visione sono le immagini: | senza di esse nessuna cosa può essere veduta» [Lucrezio 2000, IV. 237-238, p. 349]), Lucrezio si pone – come farà Tolomeo – un problema fondamentale: la definizione dell'oggetto della visione.

Lo schema geometrico imposto da Euclide alla sua *Ottica* aveva prodotto una delle più efficaci nozioni di contorno apparente, cui ancora oggi si ricorre per spiegare cosa un'immagine prospettica deve cogliere della complessità del reale. La sensibilità di Lucrezio non permette di ridurre la realtà a una linea: c'è qualcosa



Fig. 67  
Andrea Pozzo. *Perspectiva pictorum et architectonorum... Pars Prima*. Roma: Nella Stamperia di Gio: Giacomo Komarek Boëmo all'Angelo Custode, 1693. Figura settantesimaseconda.

47. «Evi un'altra prospettiva, la quale chiamo aerea imperocché per la varietà dell'aria si possono conoscere le diverse distanze di varî edifici terminati ne' loro nascimenti da una sola linea, come sarebbe il veder molti edifici di là da un muro che tutti appariscono sopra l'estremità di detto muro d'una medesima grandezza, e che tu volessi in pittura far parer più lontano l'uno che l'altro; è da figurarsi un'aria un poco grossa. Tu sai che in simil aria le ultime cose vedute in quella, come son le montagne, per la gran quantità dell'aria che si trova infra l'occhio tuo e dette montagne, queste paiono azzurre, quasi del color dell'aria, quando il sole è per levante. Adunque farai sopra il detto muro il primo edificio del suo colore; il più lontano fallo meno profilato e più azzurro, e quello che tu vuoi che sia più in là altrettanto, fallo altrettanto più azzurro; e quello che tu vuoi che sia cinque volte più lontano, fallo cinque volte più azzurro; e questa regola farà che gli edifici che sono sopra una linea parranno d'una medesima grandezza, e chiaramente si conoscerà quale è più distante e quale è maggiore dell'altro»: Leonardo 1890. *Parte II. Della prospettiva aerea*, p. 258.

48. «D'un medesimo colore posto in varie distanze ed eguali altezze, tale sarà la proporzione del suo rischiaramento, quale sarà quella delle distanze che ciascuno di essi colori ha dall'occhio che li vede. [...] E così abbiamo provato qui tale essere la proporzione delle diminuzioni de' colori, o vuoi dire perdimenti, quale è quella delle loro distanze dall'occhio che li vede; e questo solo accade ne' colori che sono d'eguale altezza, perchè in quei che sono di altezze ineguali

di materialmente troppo forte perché non entrino in ballo altri fattori.

Se si impone un ardito confronto, gli stessi pittori del Quattrocento sentiranno stretta la corrispondenza geometrica tra oggetto e punto immagine propria della prospettiva lineare e già Leonardo da Vinci (1452-1519) sentirà l'esigenza di coinvolgere, nell'efficacia della resa pittorica, il colore e le sue variazioni e la densità dell'aria, arrivando a definire la «prospettiva aerea» [47] o, anche, la «prospettiva de' colori» o «de' perdimenti» [48] [49]. Per Lucrezio, che accomuna vista e tatto in maniera esplicita [Lucrezio 2000, IV. 230-233 e ss, p. 347], oggetto della visione sono forma e colore («per questo succede che, dovunque volgiamo lo sguardo, | tutti gli oggetti lo colpiscono con la forma e il colore» [Lucrezio 2000, IV. 242, 243, p. 349]).

Di questo irraggiamento è costituita l'*imago* volatile irradiata dai corpi. Se la forma è inerente la materia stessa di cui l'oggetto è fatto, il suo volume, il colore, che è la caratteristica propria della superficie, deve necessariamente trasmettersi con maggiore facilità della forma stessa: sembra, davvero, di sentir parlare Tolomeo!

Ma se il colore appartiene alla superficie e se noi vediamo il colore perché i suoi effluvi penetrano nel nostro occhio, sembra proprio che quello che Lucrezio sta facendo è una sostituzione del contorno apparente euclideo con il concetto di "superficie apparente":

*Poiché si verifica ciò anche una pur tenue figura  
deve emanare dalla superficie di tutte le cose.*

[Lucrezio 2000, IV.63-64, p. 335].

E ancora:

*Affermo dunque che effigi e tenui figure dei corpi  
[rerum effigias tenuisque figuras]  
emanano dalle cose, dall'esterno del loro corpo.*

[Lucrezio 2000, IV.42-43, p. 335].



La sostituzione del contorno apparente euclideo con la superficie apparente operata da Lucrezio e ripresa da Tolomeo sembra la più ovvia conseguenza di uno sguardo continuo, di un flusso (visivo o corpuscolare) che non conosce soluzione di continuità. È proprio questa sostituzione che permette alla scienza della visione di tornare ad accostarsi alla sensibilità pittorica, recuperando il ruolo del colore, totalmente assente nell'opera di Euclide. Dunque gli oggetti irradiano e lanciano tutto intorno elementi di sé:

*Certo infatti si vedon molte cose rigionare e spargere corpi  
spnon solo dall'interno e dal profondo, [...],  
ma anche dalla superficie e sovente il loro stesso colore.*

[Lucrezio 2000, IV.72-74, p. 337]

*sempre infatti ciò che la superficie dei corpi trabocca,  
così da poter essere scagliato.*

[Lucrezio 2000, IV.145-146, p. 341].

Ed è proprio il colore, questa proprietà fondamentale comune alla superficie degli oggetti come pure alla visione, questo tramite tra la materia e l'immagine, che riporta immediatamente l'astrattezza del fenomeno ai suoi più immediati simulacri: il teatro e l'immagine pittorica (figure 68, 69). Continua infatti Lucrezio:

*Provocano sovente tale fenomeno i rossi o gialli  
o ferrigni velari, quando tesi su grandi teatri,  
spiegati fra pali e traverse, ondeggiando fluttuano al vento.*

[Lucrezio 2000, IV.75-77, p. 337].

Ma il rosso e il giallo non sono forse proprio colori di tanta pittura parietale romana, di quella decorazione a soggetto architettonico che vede il suo massimo splendore nell'epoca in cui Lucrezio scrive?

non si osserva la medesima regola, per esser loro in arie di varie grossezze, che fanno varie occupazioni ad essi colori»: Leonardo 1890. *Parte II, 195. Della prospettiva de' colori*, pp. 78, 79.

49. «Moti sono i siti in sé illuminati e chiari che si dimostrano tenebroso ed del tutto privati di qualunque varietà di colori e figure delle cose che in essi si trovano: questo avviene per causa della luce dell'aria illuminata che infra le cose vedute e l'occhio s'interpone, [...]. E questa tal dimostrazione nasce per difetto dell'occhio, il quale, vinto dalla soverchia luce dell'aria, restringe assai la grandezza della sua pupilla, e per questo manca assai della sua potenza: e ne' luoghi più oscuri la pupilla si allarga, e tanto cresce di potenza, quanto essa acquista di grandezza, com'è provato nel secondo della mia prospettiva»: Leonardo 1890. *Parte II, 198. Della causa de' perimenti de' colori e figure de' corpi mediante le tenebre che paiono e non sono*, p. 80. E ancora: «Tanto meno dimostrerà la cosa visibile del suo natural colore, quanto il mezzo interposto fra essa e l'occhio sarà di maggior grossezza»: Leonardo 1890. *Parte II. Diminuzione de' colori pel mezzo interposto infra loro e l'occhio*, p. 86.

Questa stessa pittura che si serve di teli e schermi sospesi per offrire il senso della profondità, per suggerire la prospettiva, per dilatare gli spazi angusti degli ambienti domestici.

Lucrezio sembra rispondere a questo interrogativo:

*E quanto più ristretto il perimetro delle mura del teatro,  
tanto più all'interno tutte le cose, asperse di gaiezza,  
sorriscono per la luce del giorno quasi loro prigioniera.*

[Lucrezio 2000, IV.81-83, p. 337].

Sembra difficile trovare una descrizione che, più di questa offerta da Lucrezio, racconti la decorazione parietale romana, i suoi rapporti con il teatro, la sua ricerca di leggerezza e profondità, il ruolo fondamentale del colore da una parte, della levigatezza delle superfici dall'altra. E, forse, ci dica quanto la prospettiva che questa lettura ci indica sia, in realtà, fatta di molti, diversi elementi.

L'aria, dunque, è il mezzo di trasmissione della luce: la luce trasporta il colore e il colore, a sua volta, le immagini. Tutto ciò appartiene al teatro, che si serve di teli colorati tesi sulla scena:

*Dunque poiché codeste tele proiettano colore dalla superficie,  
anche tutti gli altri corpi devono proiettare  
tenui immagini, poiché le une e gli altri hanno la proprietà  
di irradiare.*

[Lucrezio 2000, IV.84-86, p. 337].

Figg. 68, 69

Roma, Palatino, Casa di Augusto.

Decorazioni parietali con scene riferite al teatro. Si noti la prevalenza dei colori rosso e giallo.



La pittura parietale sfrutta temi, motivi e colori dell'illusione scenica, aggiungendo di suo la sola levigatezza delle superfici, che sostituisce la visione diretta.

Come abbiamo visto, il ruolo del colore nella descrizione della formazione dell'immagine offerta da Lucrezio sarà ripreso, quasi in termini letterali, da Tolomeo.

Per Lucrezio, come poi per Tolomeo, ad ogni senso è assegnato un diverso potere: ciascuno ha una sua caratteristica facoltà. Se associamo il fatto che il termine "facoltà" è da Lucrezio indicato come "vis" [Lucrezio 2000, IV.490, p. 366] (ovvero "forza", "potenza") con il fatto che il colore può essere inteso come la facoltà propria della vista [Lucrezio 2000, IV.492, p. 366], troviamo, ancora una volta, poeticamente descritto in Lucrezio ciò che sarà ribadito e verificato sperimentalmente da Tolomeo.

E la distanza? Per quanto di natura filosofica e poetica, il *De rerum natura* si pone anche questo problema. La sua formazione atomista porta Lucrezio a una facile ma anche confusa conclusione: per il poeta, infatti, noi siamo in grado di percepire la quantità di aria coinvolta durante il tragitto compiuto dall'immagine dei corpuscoli e da questa informazione possiamo dedurre la reale distanza degli oggetti [Lucrezio 2000, IV.250, p. 349].

Se questo meccanismo ci appare del tutto *naïf*, non dobbiamo dimenticare che anche per Tolomeo, quasi due secoli dopo, esiste una facoltà innata che ci permette di percepire l'entità della lunghezza dei raggi visivi emessi dal nostro occhio. La natura tattile del flusso visivo è d'altronde l'elemento comune all'ipotesi di una visione basata sull'immissione di Lucrezio tanto quanto a quella di Tolomeo [Lucrezio 2000, IV.230-233, p. 347].

In ogni caso, così come affronta il processo di formazione delle immagini e indica lo specchio come la superficie più idonea ad arrestare la corsa delle

Pagina successiva

Figure 70, 71, 72

Decorazioni parietali romane con  
esempi di porte socchiuse.

*images* per restituirne i *simulacra* [50], così Lucrezio mostra di essersi posto anche il problema metrico e di localizzazione che regola la formazione dell'immagine speculare, pur senza arrivare a nessuna esatta quantificazione:

*Ma ora apprendi perché l'immagine si scorga oltre lo specchio;  
poiché certamente appare lontano nel fondo.*

[Lucrezio 2000, IV.269-270, p. 351].

Sia pure in modo piuttosto complesso, nei versi che seguono Lucrezio dà ragione di alcuni dei fenomeni che regolano la riflessione sulla superficie speculare, quali, appunto, l'apparire dell'immagine come se l'oggetto si trovasse oltre lo specchio stesso, l'inversione destra/sinistra che si genera, la riflessione multipla. Ma quello che più ci interessa è il fatto che, immediatamente, Lucrezio paragona l'immagine speculare (che è l'immagine prospettica più immediatamente fruibile dalla nostra esperienza) all'immagine del mondo esterno che ci appare attraverso una porta aperta:

*Lo stesso accade nelle cose che si vedono realmente  
fuori di una porta,  
quando questa offre attraverso di sé una prospettiva aperta  
[cum per se transpectum praebet apertum],  
e fa sì che dalla casa si scorgano molte cose [che si trovano]  
all'esterno.*

[Lucrezio 2000, IV.271-273, p. 351].

50. Le *images* sono dette anche «*effigias tenuisque figuras*» [Lucrezio 2000, IV.42, p. 23], mentre «i simulacri dei corpi potrebbero chiamarsi quasi membrane o cortecce ("*membranae vel cortex*")», poiché l'immagine ha l'aspetto e la forma dell'oggetto» [Lucrezio 2000, IV. 50-53, p. 335].

È dunque più nell'opera di Lucrezio che in quella di Euclide che lo specchio è paragonato a un piano virtuale rappresentato dall'area racchiusa entro la cornice. Lucrezio la descrive come la cornice di una porta, per il Rinascimento sarà una finestra o un telaio ligneo.

Ma la porta è proprio uno di quei temi figurativi che appartiene alla prospettiva pittorica antica e rappresenta un importante indicatore di profondità, un varco attraverso il quale percepire la profondità [Carlevaris 2015]: «una porta con i due battenti a destra, e a sinistra» [Lucrezio 2000, I.V, 276, p. 351] (figure 70, 71, 72).

Se in Lucrezio il movimento multiplo e complesso che porta alla percezione della distanza e della reale posizione degli oggetti è – nel caso dell'immagine diretta come di quella speculare – alquanto complesso, sarà con Tolomeo che si farà chiarezza: eppure molti dei dati di cui si serve l'alessandrino appartengono già al poeta, che, peraltro, mostra di avere buone cognizioni di quanto già di pertinenza dell'antica catottrica.

Anche in Lucrezio troviamo la concezione dell'immagine che si forma a seguito di un vero e proprio urto, anche piuttosto violento, del flusso delle immagini contro la superficie speculare, dalla quale riceve una spinta in direzione opposta a quella propria del suo movimento: [Lucrezio 2000, IV.292, p. 353]. È questa spinta che avviene a seguito dell'urto che fa sì che ciò che colpisce lo specchio sul lato destro ci appare a destra e viceversa.

Ma vale ancora la pena di riprendere il discorso che Lucrezio porta avanti in diversi passi del suo poema, a proposito del teatro.

Come abbiamo visto, appare forte il rimando allo spazio scenico nel discorso sulla visione (diretta e riflessa) e sul ruolo che in essa assume il colore, ma il teatro è anche messo in relazione con la possibilità stessa dei sensi di trarre in inganno.

Lucrezio fa esplicito riferimento all'impiego teatrale delle illusioni derivanti dall'utilizzo di più specchi e dal gioco di immagini che ne deriva [Lucrezio 2000, IV.304 e ss., pp. 353 e ss.], tecnica che sarà descritta e ap-

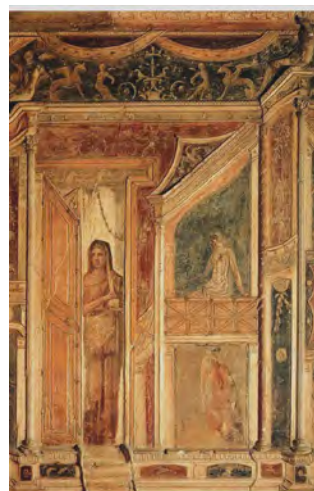


Fig. 73

Erone di Alessandria: scena teatrale con apparizione di "fantasmi" (elaborazione dell'autore).

profondità da Erone di Alessandria (figura 73) [Erone 1589; Accascina 2020].

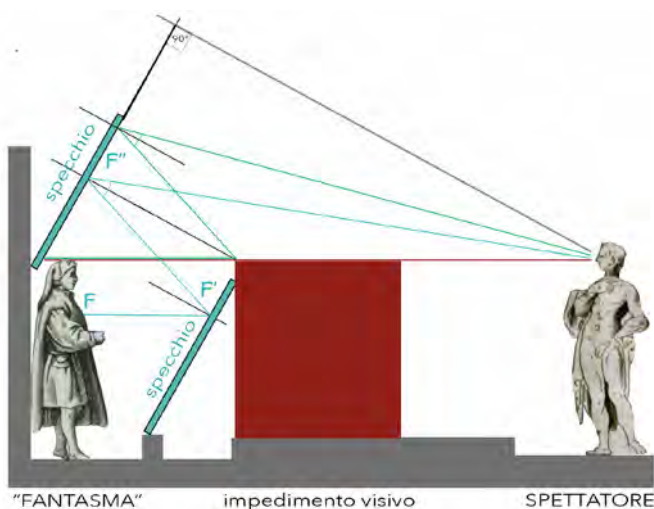
Dell'immagine speculare, Lucrezio ha, a differenza di Euclide e di Tolomeo, un'idea niente affatto statica: essa è infatti tanto veloce nel formarsi che cattura il movimento nel momento stesso in cui questo avviene. Si tratta, insomma, di un simulacro che si muove in tempo reale [Lucrezio 2000, IV. 318-321, pp. 353-355], osservazione in cui non può non apparire l'evidente similitudine con l'azione teatrale [51] ma anche con quanto accade quando la luce filtra attraverso quello che sarà definito "foro stenopeico".

Il poema di Lucrezio non esclude dunque neanche un altro dei cardini degli antichi trattati sulla scienza della visione, ovvero gli inganni della vista.

Anche gli inganni visivi trovano spazio nel suo IV libro, poiché «*nec possunt oculi natura noscere rerum*» [Lucrezio 2000, IV.385 e ss, pp. 358 e ss.].

È proprio qui che Lucrezio introduce il suo celeberrimo «*obscurum coni acumen*»: non come parallelo con l'immagine speculare, né parlando espressamente delle immagini visive, ma nell'enumerazione di alcuni dei

51. Il rapporto tra immagine visiva e movimento dell'oggetto osservato o dell'osservatore è ampiamente trattato da Tolomeo nella sua *Ottica*: Tolomeo 1957, II.



possibili inganni ai quali non ci è dato sfuggire [in particolare si veda: Lucrezio 2000, IV.348-468, pp. 357-365; IV.348-468, pp. 357-365].

È molto facile che i sensi – che pure sono il solo mezzo che abbiamo per conoscere il vero – siano ingannati, e Lucrezio fornisce un lungo elenco dei possibili inganni [Lucrezio 2000, IV. 353-357, pp. 357]. Con questo elenco egli non vuole stupire né insegnare, ma soltanto sottolineare come gli inganni siano propri dell'esperienza quotidiana. Non è certo un caso se uno dei più evidenti inganni in cui incorre la vista ricordato nel *De rerum natura* riguarda l'immagine di una torre quadrata vista da lontano, i cui spigoli ci appariranno smussati [Lucrezio 2000, IV.353-357, p. 357]. Analogo esempio viene poi ripreso a proposito dell'immagine di un quadrato, i cui vertici ci appaiono ad angolo vivo da vicino, mentre, in lontananza, li vedremo arrotondati [Lucrezio 2000, IV. 500-502, p. 367]. Con questo esempio portato da Lucrezio si ha la riprova dello stretto collegamento che sussiste tra Lucrezio e Tolomeo, che sembra conoscere bene l'opera del poeta e che riprenderà, nella sua *Ottica*, lo stesso esempio delle figure che appaiono stondate se osservate da lontano [Tolomeo 1989, II.97, p. 61]. O forse, più semplicemente, entrambi fanno riferimento a Euclide. L'esempio della torre quadrata è di fatto uno degli esempi portati da Euclide quando affronta anche lui, sia pure velocemente, gli inganni della vista.

Lucrezio, d'altronde, si riferisce in maniera esplicita a Euclide, che nel suo *Teorema 9* intende proprio dimostrare che «grandezze rettangolari viste da lontano appaiono arrotondate» [Euclide 1996, p. 111] (figura 74).

Un altro di questi inganni che fanno parte dell'esperienza comune è la perdita delle misure, dei rapporti proporzionali e del parallelismo per effetto della distanza delle cose osservate. L'esempio che Lucrezio propone è quello

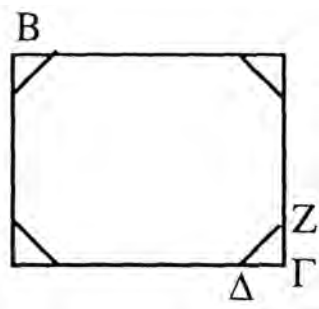


Fig. 74  
Euclide, *Ottica*: Teorema 9.

relativo all'apparente convergere di rette oggettivamente parallele. È il caso degli allineamenti architettonici di un portico regolare (*"porticus equalis"*) che sembrano concorrere in *«angusti fastigia conii»*, o *«in obscurum conii acumen»* [Lucrezio 2000, IV.426-431, pp. 361-363].

Questo è forse l'unico passaggio in cui la visione sembra essere associata da Lucrezio alla forma conica.

Ma se la vista inganna, inganna anche l'udito [Lucrezio 2000, IV.580 e ss., p. 373]. Poiché la stessa natura tattile della vista riguarda anche il suono e i rumori [52], Lucrezio può concludere che anche le parole, se devono attraversare *«molta aria»*, si confondono [Lucrezio 2000, IV.356-357, p. 373]. Se le voci sono in parte colte dalle orecchie, altra parte di essa si diffonde finché urta contro un corpo solido che ne restituisce il simulacro [Lucrezio 2000, IV.570, p. 373]: il suono è dunque il parallelo delle immagini. Dov'è la differenza? Nella rettilinearità del percorso seguito dai simulacri visivi. Suoni e voci *«si diramano in tutte le parti»* [Lucrezio 2000, IV.603, p. 375] e possono così passare attraverso le aperture sinuose di una porta chiusa:

*Ma i simulacri appena lanciati avanzano tutti per vie diritte;  
perciò nessuno può vedere oltre uno schermo,  
ma le voci si possono percepire anche dall'esterno.*

[Lucrezio 2000, IV.609-611, p. 375]

Al parallelo tra la prima parte del IV libro del *De rerum natura* e coevi trattati di ottica mancava solo l'osservazione sulla rettilinearità dei raggi visivi: Lucrezio, che di raggi visivi non parla, è arrivato a inserire nel suo poema anche questa legge fondamentale dell'ottica antica.

Ma simulacri visivi e voci che raggiungono lo spettatore non sono forse alla base della scena teatrale?

52. «Non vi è dubbio quindi che le voci e le parole | consistono di elementi corporei, così da poter ferire»: Lucrezio 2000, IV. 533-534, p. 369.



## CONCLUSIONI

La figura e l'opera di Claudio Tolomeo sembrano aver avuto un ruolo determinante nel sostenere e indirizzare la definizione della teoria prospettica lineare, influenzandone l'impostazione iniziale e sostenendo la volontà di artisti e teorici di stabilire le regole per una rappresentazione dello spazio che potesse avvicinarsi il più possibile ai modelli di visione che si erano andati stabilendo nei secoli.

Dai fondamentali studi di Vladimiro Valerio sull'opera geografica dell'alessandrino era emersa l'influenza di un'impostazione spaziale legata al sistema di controllo e all'individuazione dei luoghi appartenenti al mondo allora conosciuto tramite un reticolo basato su longitudine e latitudine. Il trasferimento di questo sistema nei metodi di mappatura elaborati da Tolomeo, ha senz'altro suggerito e sostenuto la codifica dello spazio prospettico fin dall'impostazione di Leon Battista Alberti, che si era servito di una griglia ridotta in termini prospettici per "misurare" lo spazio grafico e pittorico.

## CONCLUSIONS

*Claudius Ptolemy, and also his works, played a crucial role in supporting and orienting the definition of linear perspective theory, influencing the initial approach and sustaining the desire of artists and theorists to establish the rules required to represent space in a manner as similar as possible to the models of vision that had gradually developed down through the centuries.*

*Vladimiro Valerio's key studies on Ptolemy's Geography highlight the influence of a spatial approach linked to the system of control and identification of places belonging to the known world at that time thanks to a grid based on longitude and latitude. Applying this system to Ptolemy's mapping methods undoubtedly inspired and supported the codification of perspective space, starting with the approach adopted by Leon Battista Alberti who used a perspective grid to 'measure' graphic and pictorial space.*

*In the mid-20th century, Albert Lejeune's studies of Ptolemy's Optics led him to*

Gli studi di Albert Lejeune sull'*Ottica* dello scienziato alessandrino hanno introdotto, fin dalla metà del Novecento, nuove chiavi di lettura relative agli sviluppi che la scienza della visione era andata maturando nei secoli che portano il modello geometrico di Euclide al modello fisiologico e sperimentale di Tolomeo, individuando in quel passaggio un momento nodale del percorso dei raggi visivi e dello stesso concetto di cono visivo.

Questi studi e una rilettura mirata dell'intera *Ottica* di Tolomeo confermano la possibilità che il modello elaborato dallo scienziato alessandrino per descrivere il fenomeno visivo nella sua complessa natura – fondata anche sulla natura stereoscopica della percezione della distanza – possa aver fornito molti e determinanti elementi alla formulazione del modello prospettico lineare.

Nell'opera di Tolomeo la volontà rinascimentale di costruire una teoria della visione finalizzata alla fissazione di regole grafiche per la restituzione dello spazio come questo appare ad un osservatore (con piedi fissi in un punto e testa in grado di ruotare liberamente) sembra aver trovato una grande ricchezza di materiali da rielaborare a fini descrittivi e pittorici. Se nel modello euclideo di visione possono essere visti molti aspetti presenti nel modello prospettico lineare e, in particolare, la monocularità dell'osservazione e le componenti geometriche alla base della codifica prospettica della scienza della rappresentazione, nell'arricchimento del

*introduce new interpretations regarding the progress that the science of vision had achieved over the centuries, turning Euclid's geometric model into Ptolemy's experimental physiological model. He stated that this shift was a milestone in the history of visual rays and the concept of visual cone.*

*These studies and a careful rereading of Ptolemy's Optics confirm the possibility that the model developed by the scientist from Alexandria to describe the complex nature of the visual phenomenon – also based on the stereoscopic nature of the perception of distance – may have provided many key elements contributing to the formulation of the linear perspective model.*

*In Ptolemy's book, the determination of Renaissance artists to develop a theory of vision in order to establish graphic rules for the restitution of space as it appears to an observer (with his feet in one point and his head free to rotate) seems to have provided extensive informative material which could be reprocessed for descriptive and pictorial purposes.*

*While Euclid's model of vision contains many aspects present in the linear perspective model and, in particular, the monocular nature of observation and the geometric components behind the perspective codification of the science of representation, the enhanced system proposed by Ptolemy has many other elements that are crucial when developing the approach to codification.*

sistema proposto da Tolomeo emergono molti altri elementi determinanti per l'impostazione della codifica.

Questi elementi possono essere individuati sia nell'impostazione stessa del trattato di Tolomeo, quanto in ciò che di più complesso e inesatto sembra emergere dalla sua trattazione di luce e visione.

I teorici della prospettiva lineare, a partire da Leon Battista Alberti per arrivare a Leonardo da Vinci, non possono limitarsi a un'impostazione strettamente geometrica e ben presto individueranno in elementi "sensibili" quali luce, colore, densità e rarefazione dell'aria, ulteriori punti fondamentali per una teoria che vuole essere scientifica ma, forse ancor prima, legata alla sensibilità pittorica. Questi elementi, non rintracciabili nell'opera rimastaci di Euclide, del quale si è forse perduta una trattazione della catottrica, confluiscono invece a strutturare la sostanza stessa del più articolato modello di Tolomeo.

Fondamentali appaiono, alla determinazione di molti dei cardini della teoria prospettica lineare quattro e cinquecentesca, due aspetti del trattato di Tolomeo: la trattazione della visione binoculare, da una parte, e le riflessioni sulla genesi delle immagini speculari, dall'altra.

Dal suo complesso modello di visione stereoscopica Tolomeo ricava parametri fondamentali quali la direzionalità dello sguardo e la disomogenea qualità dei raggi visivi, dipendente dalla loro posizione in ciascuno visivo. Ma l'elemento veramente determinate sembra essere da ricollegarsi al

*These elements are recognisable in both the approach Ptolemy uses in his treatise and in what seems to be most complex and incorrect in his discussion and discourse about light and vision.*

*The theorists of linear perspective, from Leon Battista Alberti to Leonardo da Vinci, did not restrict themselves to a strictly geometric approach; they very quickly identified 'sensitive' elements, such as light, colour, density and rarefaction of the air, as being additional fundamental points in a theory that aspires to be scientific but, perhaps as never before, is linked to pictorial sensitivity. These elements, not present in what remains of Euclid's work (perhaps we have lost a treatise on catoptrics) instead come together to structure the essence of Ptolemy's more multifaceted model.*

*Two issues in Ptolemy's treatise are crucial in order to determine many of the key features of the 15th-century and 16th-century linear perspective theory: on the one hand, his discourse on binocular vision and, on the other, his reflections on the genesis of specular images.*

*Ptolemy obtains crucial parameters from his complex model of stereoscopic vision, such as the gaze direction and the inhomogeneous quality of visual rays, depending on their position in each visual cone. However, the truly critical element seems to hinge on the fact that the intraocular distance is taken into consideration. This small segment is placed in the space in which both the objects and observer are*

fatto che viene presa in considerazione la distanza interoculare. Si tratta di un piccolo segmento che viene a collocarsi nello spazio in cui sono immersi sia gli oggetti che l'osservatore, e che, con la sua presenza, individua una direzione qualitativamente diversa da tutte le altre. È questo segmento a determinare direzione e posizione dell'asse comune, che passa infatti per il punto medio della distanza interpupillare e risulta a questa ortogonale.

L'asse comune, a sua volta, stabilisce, nello spazio, un ordine gerarchico, permettendo di determinare cosa si vede *"in uno loco"* e cosa sarà invece visto sdoppiato. La trattazione tolemaica è complessa, a questo punto, inesatta e contorta, ma è certo che si viene a individuare, nello spazio, una giacitura privilegiata. Si tratta della giacitura frontale, vale a dire ortogonale all'asse comune e parallela al segmento dato dalla distanza interpupillare. Questa giacitura è senz'altro verticale, come si deduce dal fatto che il segmento interpupillare non può che essere orizzontale, per questioni legate alla posizione dell'osservatore nello spazio antropico.

Ovviamente Tolomeo, che si occupa di visione e non di rappresentazione, non arriva mai a confrontarsi con quello che potremmo chiamare "quadro" prospettico, o piano delle immagini. Ciononostante, questa giacitura diventa, nella teoria prospettica, quella che chiamiamo la giacitura "frontale". Poiché questa giacitura è quella che ottimizza la percezione delle forme dello spazio e la qualità stessa della visio-

*immersed; its presence establishes a direction that is qualitatively different to all the others. The segment determines the direction and position of the common axis, which in fact passes through the median point of the interpupillary distance and is orthogonal to it.*

*In turn, the common axis establishes a hierarchical order in space, making it possible to determine what one can see 'in one place' and what will be seen doubled. Ptolemy's treatise is complex and, at this point, inexact and contorted, but it nevertheless establishes a privileged orientation in space. It involves a frontal orientation, i.e., orthogonal to the common axis and parallel to the segment created by the interpupillary distance. This orientation is unquestionably vertical, dictated by the fact that the interpupillary segment has to be horizontal, due to issues linked to the position of the observer in anthropic space.*

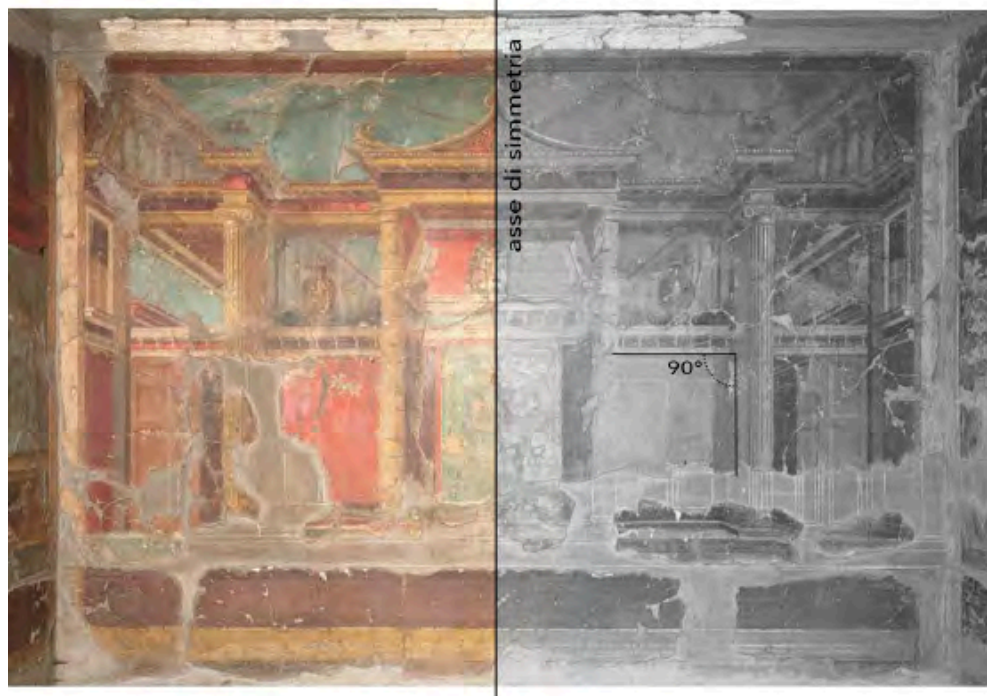
*Ptolemy focuses on vision and not representation, so obviously he never considered what we could call the perspective 'picture plane', or plane of the images. Nevertheless, in perspective theory, this orientation becomes what we call 'frontal' orientation. Since this orientation optimises the perception of the forms of space and the quality of vision, when a plane that can capture images is introduced into the model, it is more than logical to arrange the picture plane according to this orientation. Flat forms that do not lose their main perceptive qualities belong to*

ne, nel momento in cui si va ad introdurre nel modello un piano in grado di catturare le immagini, viene logico disporre il quadro secondo tale giacitura. Quella sarà la giacitura alla quale appartengono forme piane che non perdono le loro principali qualità percettive, perdendo la misura ma mantenendo proporzioni e valori angolari inalterati. Sul quadro, anche la misura rimane inalterata.

In questo modo, il quadro risulta anche ortogonale all'asse comune, nel quale può essere riletta l'importanza del "raggio centrico" albertiano e della retta sulla quale si allinea la distanza principale. Il punto di fissazione faticosamente introdotto nella complessa scienza della visione di Tolo-

*that orientation; they will lose their measurement, but maintain proportions and unaltered angular values. The measurement will also remain unaltered on the picture plane.*

*This way the picture plane will also be orthogonal to the common axis, reflecting the importance of Alberti's "centric ray" and the straight line on which the main distance is aligned. The point of fixation painstakingly introduced into Ptolemy's complex science of vision might have easily suggested it be sensible to render visible and usable the point in which the common axis intercepts the frontal orientation placed at a convenient distance from the observer.*



meo potrebbe facilmente aver suggerito l'opportunità di rendere visibile e utilizzabile il punto in cui l'asse comune intercetta la giacitura frontale posta a una conveniente distanza dall'osservatore.

La stessa natura dell'asse comune e la posizione che questo assume nella determinazione della "acuità visiva", ovvero della qualità delle immagini percepite, determina l'opportunità di collocare l'osservatore in posizione simmetrica rispetto allo spazio che lo circonda. Certamente, se è lecito parlare di un legame tra gli studi su visione e percezione da una parte, e scena teatrale dall'altra, la centralità dello spettatore sembra derivare naturalmente dalla stessa forma di cavea e palcoscenico, ma è indubbio che, nella rilettura dell'*Ottica* di Tolomeo si ritrovano molti dei presupposti fondamentali dell'impostazione prevalente delle prime immagini prospettiche. Verticalità del quadro, frontalità (ovvero parallelismo tra gli elementi principali dello spazio rappresentato e il quadro), simmetria della posizione del "punto centrico" rispetto alla composizione: tutto questo sembra esattamente descrivere gli esordi delle immagini prospettiche costruite "legittimamente" (figure 74, 75).

Tutto ciò ben si collega inoltre alla trattazione della catottrica, presente nel trattato di Tolomeo e assente, o forse, perduta, nell'opera di Euclide. Lo specchio piano, da molti riconosciuto come uno dei fondamenti della formazione delle immagini prospettiche, è ampiamente

*The nature of the common axis and its position in establishing "visual acuity" (i.e., clarity of the perceived images) means that the observer has to be placed in a symmetrical position compared to the space around him. Without a shadow of a doubt, if we can legitimately talk about a link between studies on vision and perception on the one hand, and theatrical stage on the other, the central position of the observer would appear to be naturally established by the shape of the cavea and stage. However, it is clear that, using Ptolemy's Optics, we can establish several of the fundamental premises of the approach prevalent in the first perspective images: verticality of the picture plane, frontality (i.e., parallelism between the main elements of the represented space and the picture plane), and symmetry of the position of the 'centric point' and common axis. All this appears to accurately describe the debut of 'legitimately' constructed perspective images (figures 73, 74).*

*All this also ties in well with the discourse about catoptrics, present in Ptolemy's treatise and missing, or perhaps lost, in Euclid's Optics. The flat mirror, acknowledged by many to be one of the fundamentals behind the creation of perspective images, is extensively present in the work that is the focus of this study; given the way in which Ptolemy structured the issue, the flat mirror becomes so important that it would have been impossible for renaissance codifiers not to have noticed it. Dividing space into real objects, imagines,*

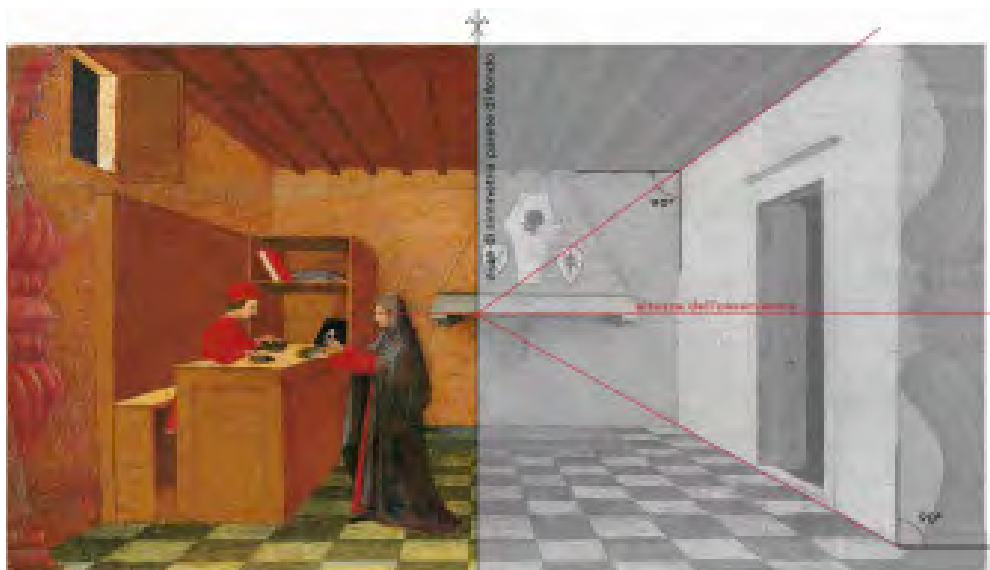


presente nel lavoro oggetto di questo nostro studio, e assume, nella struttura data da Tolomeo alla questione, un'importanza tanto notevole da far pensare che essa non possa essere sfuggita ai codificatori rinascimentali.

L'articolazione dello spazio in oggetti reali, *images* e, poi, *simulacra*, che nascono a seguito di un anche duro impatto dei raggi luminosi/visivi, entrano nell'opera di Tolomeo attraverso la rilettura epicurea del fenomeno della visione, egregiamente presentata da Tito Lucrezio Caro del *De rerum natura*, che assume così un ruolo quasi di ponte tra Euclide e Tolomeo. Nel modello prospettico basato su proiezione da un centro e sezione con un piano (o, anche, con una superficie) sembra potersi rileggere da una parte una immediata vicinanza con la teoria emissionista di stampo epicureo sostenuta da Lucrezio, dall'altro

*and then simulacra, that appear after even a hard impact of light/visual rays, becomes part of Ptolemy's Optics following a Epicurean reinterpretation of vision, exquisitely presented by Titus Lucretius Carus in his De rerum natura and, by so doing, acting almost as a bridge between Euclid and Ptolemy. In the perspective model based on the projection from a centre and section with a plane (or, also, with a surface) it would appear, on the one hand, to be very close to the Epicurean-style emissionist theory supported by Lucretius and, on the other, to the memory of the impact caused when visual and light rays are intercepted by bodies.*

*At this point, thanks to Ptolemy, the third chapter of the science of ancient vision comes into the picture: dioptrics. Visual rays and light rays alternate either when they pass through anything dense, humid*





Pagina 155/Page 155

*Oplontis, 50 a.C. ca. Villa di Poppea, decorazione II stile.*

Pagina 157/Page 157

Fig. 75

*Paolo Uccello, 1467-1468. Miracolo della profanazione dell'ostia. Museo Nazionale delle Marche, Urbino (Cod. Inv. DE 231).*

Questa pagina/This page

Fig. 76

*Piero della Francesca, 1470 ca. Polittico di Sant'Antonio, cuspede. Galleria Nazionale dell'Umbria, Perugia.*

una rimembranza dell'impatto che si determina quando i raggi visivi e quelli luminosi vengono intercettati dai corpi.

Qui entra in ballo il terzo capitolo della scienza della visione antica, arrivatoci attraverso Tolomeo: la diottrica. Raggi visivi e raggi luminosi si alterano quando attraversano mezzi liquidi, densi, umidi, o quando si scontrano con superfici "lucida spissa", ovvero in grado di respingerli con determinazione. Le superfici speculari, ovviamente, sono quelle che ostacolano in maniera completa il passaggio dei raggi luminosi. In questo modo le immagini, che derivano da questo impatto, risultano qualitativamente diverse: diverse risulteranno le qualità proprie dei corpi, espresse dalla loro superficie, quali colore, levigatezza, lucentezza, "durezza".

La teoria della visione, attraverso la rilettura in chiave scientifica di un'impostazio-

or liquid, or when they clash with "lucida spissa" surfaces, in other words surfaces capable of resolutely repelling them. Specular surfaces represent less permeable elements. The images created by this impact are qualitatively different: the qualities of the bodies, expressed by their surface, such as colour, smoothness, shininess and "hardness", will be different.

By scientifically reinterpreting an Epicurean-style "sensitive" approach, the theory of vision appears to involve images – visual images, certainly, not representative images – that have a pictorial quality.

We must undeniably acknowledge that renaissance painters, and the architects who codified the representation method which, over the centuries, evolved into the method we are so familiar with today, understood the enormous potential of the material available to them and were able



ne “sensibile” di stampo epicureo, sembra dunque trattare di immagini – immagini visive, certamente, non rappresentative – di qualità pittorica.

Ai pittori rinascimentali, agli architetti che hanno dato il via alla codifica del metodo di rappresentazione che nei secoli è diventato quello che ben conosciamo, va innegabilmente riconosciuto di aver saputo cogliere l'enorme potenziale del materiale a loro disposizione e di averne saputo trarre un modello immediatamente utilizzabile. Non possiamo dimenticare il ruolo assunto, in questa storia della visione, dalla scienza araba e da quelli che sono troppo spesso, ancora, considerati i “secoli bui” del Medioevo, durante i quali è stato senz'altro indagato approfonditamente il modello euclideo, ma di quello di Tolomeo si è fatto un imprescindibile punto di ripartenza. Questa sarà la descrizione del fenomeno visivo che tornerà in Occidente e che sarà alla base di un nuovo avvio attraverso gli sudi di Roger Bacon, Vitellione e Giovanni Peckham, studi che, a loro volta e forse in maniera non troppo scientifica, andranno a costituire le basi del *Terzo Commentario* di Lorenzo Ghiberti.

A fianco dunque del fondamentale ruolo di Tolomeo geografo e del suo incredibile impatto sul mondo a venire, questo volume intende rileggere, nelle pagine dell'*Ottica* dello scienziato alessandrino, molti e fondamentali elementi che, opportunamente e sapientemente rielaborati, diventeranno strumenti imprescindibili per la codifica rinascimentale della prospettiva.

*to develop a model that could be applied immediately.*

*We should not forget the role played not only by Arab science in this history of vision, but also by what we still consider, all too often, the ‘dark centuries’ of the Middle Ages during which in-depth studies of the Euclidean model were undoubtedly performed and Ptolemy’s model became an indispensable starting point. This will be the description of the visual phenomenon that was to come back to the West, one that was behind a new start thanks to the studies by Roger Bacon, Vitello and Giovanni Peckham. In turn, and perhaps in a not too scientific manner, these studies were to become the basis of Lorenzo Ghiberti’s third Commentary.*

*Apart from the fundamental role played of Ptolemy the geographer and his incredible impact on the world that came after him, this book will reinterpret many of the crucial elements found in the pages of the Optics of the scientist from Alexandria; suitably and knowledgeably reprocessed, these elements were to become the key tools that led to the codification of perspective during the Renaissance.*



# RINGRAZIAMENTI

Questo studio ha fiancheggiato il mio percorso per molti anni. Per questo motivo, sono molte le persone alle quali sono debitrice. Temo che ricordarle qui tutte vada un po' oltre le mie capacità e me ne scuso a priori con chi non dovesse trovarsi nominato.

Devo molto a Laura De Carlo e Riccardo Migliari che hanno creduto in me e che mi hanno suggerito un tema di ricerca – quello relativo alla prospettiva parietale nel Rinascimento e nel mondo antico – che si è sposato perfettamente con i miei interessi, coinvolgendomi da anni. Entrambi mi hanno fatto da guida, l'una in un modo, l'altro in un altro, e mi hanno insegnato molto di quello che so, dandomi, in molte occasioni, carta bianca.

Li ringrazio in particolare per avermi dato l'occasione di fare dei miei interessi un mestiere, cosa incredibilmente preziosa.

Se i professori De Carlo e Migliari mi hanno supportato, non posso dimenticare chi, in questi anni, mi ha supportato. Costanza, Pietro: so di avervi tolto tanto ma spero, da qualche altra parte, di avervi restituito qualcosa attraverso la passione che ci sto mettendo. Pasquale, grazie per il tuo sostegno, che è stato così importante, come anche il fatto che Anna Maria e Carlo ci credessero tanto.

E ringrazio Carla, che si è lasciata invadere per darmi lo spazio (non solo fisico) del quale ho avuto e ho davvero bisogno.

Infine, ringrazio M.P.C., una presenza fondamentale per riprendere molte maglie cadute.

Alle mie spalle c'è sempre stato il Dipartimento, chi lo ha diretto, il personale tecnico, amministrativo, bibliotecario: prima era il Dipartimento di Rappresentazione e Rilievo, poi di Rilievo, Analisi e Disegno dell'Ambiente e dell'Architettura (RADAAr), oggi il Dipartimento di Storia, disegno e restauro dell'architettura (SDRA) di Sapienza Università di Roma.

Intorno a me, il gruppo di lavoro che costituisce l'Unità di Ricerca di Geometria descrittiva del DSDRA coordinata dal prof. Marco Fasolo, colleghi e amici sempre presenti per lo scambio e il dibattito e per portare avanti interessi condivisi.



# BIBLIOGRAFIA | REFERENCES

## A

### **Abati, Borchì, De Cola 1997**

Silvano Abati, Emilio Borchì, Aldo De Cola (1997). *Storia dell'ottica per immagini*. Santo Stefano Belbo: Fabiano.

### **Accascina 2020**

Guido Accascina. (2020). *Automi*. Prefazione di Eugenio Lo Sardo. Guidonia: iacobellieditore.

### **Alberti 1804**

Leon Battista Alberti. (1804). *Della pittura e della statua di Leonbatista Alberti*. Traduzione di Cosimo Bartoli. Milano: Società tipografica de'Classici italiani.

Consultabile all'indirizzo: <<https://archive.org/details/dellapitturaedel00albe/page/n4/mode/lup>> (1 gennaio 2024).

### **Alberti 1966**

Leon Battista Alberti. (1966). *L'Architettura [De re aedificatoria]*. Testo latino e traduzione a cura di Giovanni Orlandi. Introduzione e note di Paolo Portoghesi. Milano: edizioni Il Polifilo.

Consultabile all'indirizzo: <<https://www.mgh-bibliothek.de/dokumente/b/b038350+0001.pdf>> (1 gennaio 2024).

### Andersen 1987a

Kirsti Andersen. (1987). Ancient Roots of Linear Perspective. In John L. Berggren, Bernard R. Goldstein (eds.). *From Ancient Omens to Statistical Mathematics: Essays on the Exact Sciences presented to Asger Aaboe*. *Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium*, 39, pp. 75-89. Copenhagen: University Library.

### Andersen 1987b

Kirsti Andersen (1987). The central projection in one of Ptolemy's map constructions. In *Centaurus*, 30(2), pp. 106-113.

## B

### Baglioni, Migliari 2018

Leonardo Baglioni, Riccardo Migliari. (2018). Lo specchio alle origini della prospettiva. In *Disegnare. Idee Immagini*, n. 56, pp. 42-51.

Consultabile all'indirizzo: <[https://web.uniroma1.it/dsdra/sites/default/files/Disegnare%2056\\_2018\\_0.pdf](https://web.uniroma1.it/dsdra/sites/default/files/Disegnare%2056_2018_0.pdf)> (1 gennaio 2024).

### Beyen 1939

Hendrik Gerard Beyen (1939). Die Antike Zentralperspektive. In *Archäologischer Anzeiger (Beiblatt zum Jahrbuch des deutschen Archäologischen Institutes)*, 54, pp. 47-72.

Le traduzioni del testo di Beyen sono dell'architetto Frauke Stez.

### Bevilacqua, Ianniello 1982

Fabio Bevilacqua, Maria Grazia Ianniello. (1982). *L'ottica dalle origini all'inizio del '700*. Torino: Loescher.

### Brownson 1981

C. D. Brownson (1981). Euclid's Optics and its Compatibility with Linear Perspective. In *Archive for History of Exact Sciences*, n. 24(3), pp. 165-194.

Le traduzioni del testo di Brownson sono della autrice.

## C

**Cándito 2001**

Cristina Cándito (2001). *Occhio, misura e rilievo. Gli strumenti ottici per l'architettura e il recupero del Collegio dei Gesuiti a Genova*. Genova: Arti Grafiche Lux.

**Carlevaris 2003**

Laura Carlevaris (2003). La prospettiva nell'ottica antica: il contributo di Tolomeo. In *Disegnare. Idee Immagini*, n. 27, pp. 16-29.

Consultabile all'indirizzo: <[https://web.uniroma1.it/dsdra/sites/default/files/Disegnare%2027\\_2003.pdf](https://web.uniroma1.it/dsdra/sites/default/files/Disegnare%2027_2003.pdf)> (1 gennaio 2024).

**Carlevaris 2006a**

Laura Carlevaris. (2006). La questione della prospettiva antica: oltre Panofsky, oltre Gioseffi. In *Disegnare. Idee Immagini*, n. 32, pp. 66-81.

Consultabile all'indirizzo: <[https://web.uniroma1.it/dsdra/sites/default/files/Disegnare%2032\\_2006](https://web.uniroma1.it/dsdra/sites/default/files/Disegnare%2032_2006)> (1 gennaio 2024).

**Carlevaris 2006b**

Laura Carlevaris. (2006). La Sala delle Maschere nella «questione» della prospettiva antica. In Edoardo Dotto, Giuseppe Pagnano (a cura di). *Ikhnos. Analisi grafica e storia della rappresentazione*, pp. 11-42. Siracusa: Lombardi.

**Carlevaris 2015**

Laura Carlevaris. (2015). Progettare la terza dimensione. Espedienti prospettici dall'antichità al Rinascimento. In Stefano Bertocci, Fauzia Farneti (a cura di). *Prospettiva, luce e colore nell'illusionismo architettonico*. Atti del Convegno *Quadraturismo e grande decorazione nella pittura di età barocca*, Firenze-Montepulciano, 9-11 giugno 2011, pp. 21-30. Roma: Artemide.

**Carlevaris 2020**

Laura Carlevaris. (2020). N-Dimensional Space and Perspective: The Mathematics Behind the Interpretation of Ancient Perspective. In *Nexus Network Journal*, no. 22, pp. 601-614. DOI: 10.1007/s00004-020-00476-2.

## D

### Dalai Emiliani 1999

Marisa Dalai Emiliani. (1999). La questione della prospettiva. In Erwin Panofsky. *La prospettiva "come forma simbolica" e altri scritti*, a cura di Grazia Neri, pp. 118-141. Milano: Feltrinelli.

### Damiano 1897

Damiano. (1897). *Damianos Schrift Über Optik: Mit Auszügen aus Geminos: Griechisch und Deutsch*. Berlin: Gedruckt in der Reichsdruckerei.

Consultabile all'indirizzo: <[https://archive.org/details/bub\\_gb\\_U2FGAQAAAMAAJ/page/2/mode/2up](https://archive.org/details/bub_gb_U2FGAQAAAMAAJ/page/2/mode/2up)> (1 gennaio 2024).

### Danti 1573

Egnatio Danti. (1573). *La prospettiva di Euclide: nella quale si tratta di quelle cose, che per raggi diritti si veggono et di quelle, che con raggi riflessi nelli specchi appaiono*. Tradotta da Egnatio Danti, insieme con la prospettiva di Eliodoro Larisseo. Firenze: Nella stamperia de' Giunti. DOI: <https://doi.org/10.3931/e-rara-10381>.

## E

### Erone 1589

Erone di Alessandria. (1589). *De automatis*. Venetia: appresso Girolamo Porro.

Consultabile all'indirizzo: <[https://preserver.beic.it/delivery/DeliveryManagerServlet?dps\\_pid=IE7248386](https://preserver.beic.it/delivery/DeliveryManagerServlet?dps_pid=IE7248386)> (1 gennaio 2024).

### Erone 1900

Erone di Alessandria. (1900). *De Speculis*. In Wilhelm Schmidt (ed. and transl.). *Heronis Alexandrinis Opera quae supersunt omnia*. Leipzig: Teubner, vol. 2. I.

Fa parte di L. Nix, Wilhelm Schmidtl, Johan Ludvig Heiberg (eds.). (1899-1914). *Heronis Alexandrinis Opera quae supersunt omnia*. Leipzig: Teubner.

### Euclide 1895

Euclide. (1895). *Euclidis Optica. Opticorum recensio Theonis, Catoptrica, cum scholiis antiquis*. In Johan Ludvig Heiberg (ed.). *Euclidis Opera Omnia*, vol. 7. Leipzig: Teubner.



## **Euclide 1996**

Euclide. (1996). *Ottica. Immagini per una teoria della visione*. A cura di e traduzione di Francesca Incardona. Roma: Di Rienzo editore.

# **F**

## **Fumaroli 1999**

Marc Fumaroli. (1999). *La Querelle des Anciens et des Modernes*. Lezione tenuta presso l'Istituto Italiano per gli Studi Filosofici, Napoli, 14 giugno 1999.

Consultabile all'indirizzo: <<https://www.iisf.it/index.php/istituto/archivio-storico/marc-fumaroli-la-querelle-des-anciens-et-des-modernes-l-5.html>> (1 gennaio 2024).

## **Fumaroli 2001**

Marc Fumaroli. (2001). *La Querelle des Anciens et des Modernes*. Paris: Gallimard.

## **Fumaroli 2005**

Marc Fumaroli. (2005). *Le api e i ragni. La disputa degli Antichi e dei Moderni*. Milano: Adelphi.

# **G**

## **Galeno 1907-1909**

Claudio Galeno. (1907-1909). *De usu Partium*, X, 12. Lipzig: Helmrich.

## **Gemino 1579**

Gemino. (1579). *Optiké*. Ed. princ. in latino come opera di Erone alessandrino a cura di C. Dasypodius. *Oratio C.D. de disciplinis mathematicis*. Strasburgo.

## **Gentil Baldrich 2011**

José Ma Gentil Baldrich. (2011). *Sobre la supuesta perspectiva antigua (y algunas consecuencias modernas)*. Sevilla: Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción.

## **Ghiberti 1998**

Lorenzo Ghiberti (1998). *I commentarii*. Introduzione e cura di Lorenzo Bartoli. Firenze: Giunti.

### **Gibson 1950**

James J. Gibson. (1950). *The Perception of the Visual World*. Boston: Houghton Mifflin.

### **Gibson 1972**

James J. Gibson. (1972). A Theory of Direct Visual Perception. In Joseph R. Royce, William W. Rozenboom (eds.). *The Psychology of Knowing*. New York: Gordon & Breach.

### **Gioseffi 1957**

Decio Gioseffi. (1957). *Perspectiva Artificialis*. Per una storia della prospettiva: spigolature e appunti. In *Quaderni dell'Istituto di Storia Antica e Moderna*, 7. Trieste: Università degli Studi di Trieste.

### **Gioseffi 1963**

Decio Gioseffi. (1963). Voce "Prospettiva". In *Enciclopedia Universale dell'Arte*, X, coll. I 16-159. Venezia-Roma: Istituto per la collaborazione culturale/Sansoni.  
(Poi in Decio Gioseffi. (1966). Voce "Prospettiva". In *Encyclopedia of Word Art*. XI, 166).

### **Gioseffi 1986**

Decio Gioseffi. (1986). Rappresentazione geometrica dello spazio. In *I fondamenti scientifici della rappresentazione*. Atti del Convegno. Roma, 17, 18, 19 aprile 1986, pp. 15-19. Roma: Kappa Editore.

### **Gregory 1966**

Richard L. Gregory. (1966). *La psicologia del vedere*. Raffaello Cortina Editore. Milano: il Saggiatore.

## **H**

### **Hauck 1879**

Guido Hauck. (1879). *Die subjektive Perspektive und die horizontalen Curvaturen des dorischen Styls: eine perspektivisch-ästhetische Studie*. Festschrift zur fünfzigjährigen Jubelfeier der Technischen Hochschule zu Stuttgart. Stuttgart: Verlag von Konrad Wittwer.

Consultabile all'indirizzo: <[https://books.google.it/books?id=PzQyAQAAAMAJ&printsec=frontcover&hl=it&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.it/books?id=PzQyAQAAAMAJ&printsec=frontcover&hl=it&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)> (1 gennaio 2024).

### Hauck 1881

Guido Hauck. (1881). Perspektivische Studien. In *Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 26, pp. 273-296.

### Hauck 1882

Guido Hauck. (1882). *Die malerische Perspektive: Ihre Praxis, Begründung und ästhetische Wirkung. Eine notwendige Ergänzung zu jeden Lehrbuch der Perspektive*. Berlin: Julius Springer.

### Hauck 1883

Guido Hauck. (1883). Neue Konstruktion der Perspektive und Photogrammetrie (Theorie der trilinearen Verwandtschaft ebener Systeme). In *Journal für die Reine und Angewandte Mathematik*, 95(1), pp. 1-35.

### Heiberg 1895

Johan Ludvig Heiberg (ed.). *Euclidis Optica. Opticorum recensio Theonis, Catoptrica, cum scholiis antiquis*. In *Euclidis Opera Omnia*. Leipzig: Teubner, vol. VII.

### Hub 2008

Berthold Hub. (2008). *Die Perspektive der Antike. Archäologie einer symbolischen Form. Dissertation 412 Seiten. Band 720*. Frankfurt a. M.: Europäische Hochschulschriften / European University Studies / Publications Universitaires Européennes.

Consultabile all'indirizzo: <[https://www.academia.edu/1448062/Die\\_Perspektive\\_der\\_Antike\\_Arch%C3%A4ologie\\_einer\\_symbolischen\\_Form\\_Frankfurt\\_a\\_M\\_2008](https://www.academia.edu/1448062/Die_Perspektive_der_Antike_Arch%C3%A4ologie_einer_symbolischen_Form_Frankfurt_a_M_2008)> (1 gennaio 2024).

I

### Incardona 1996

Francesca Incardona (1996). *Immagini*. In *Euclide 1996*, pp. 23-100.

## L

### Lecoq 2001

Anne-Marie Lecoq. (2001). *La Querelle des Anciens et des Modernes: XVIIe - XVIIIe siècle*. Paris: Gallimard.

### Lejeune 1948

Albert Lejeune. (1948). *Euclide et Ptolémée. Deux stades de l'optique géométrique grecque*. Louvain: bibliothèque de l'Université. «Bureau du Recueil».

Le traduzioni del testo di Lejeune sono della autrice.

### Lejeune 1989

Albert Lejeune. (1989). *L'Optique de Claude Ptolémée dans la version latine d'après l'arabe de l'émire Eugène de Sicile. Édition critique et exégétique augmentée d'une traduction française et de compléments par Albert Lejeune*. Leiden: Brill.

Le traduzioni del testo di Lejeune sono della autrice.

Data la rilevanza del testo critico di Albert Lejeune, questo titolo viene ripetuto a nome di Tolomeo [Tolomeo 1989] con riferimento al testo dell'*Ottica*, e a nome del curatore [Lejeune 1989], quando si rimanda a spiegazioni e commenti.

### Leonardo 1890

Leonardo da Vinci. [1890]. *Trattato della pittura*. Condotta sul Cod. Vaticano urbinato 1270, con prefazione di Marco Tabarrini. Preceduto dalla vita di Leonardo scritta da Giorgio Vasari con nuove note e commentario di Gaetano Milanesi. Roma: Unione cooperativa editrice, 1890.

Facsimile: <[https://ia800507.us.archive.org/0/items/trattatodellapit00leon\\_0/trattatodellapit00leon\\_0.pdf](https://ia800507.us.archive.org/0/items/trattatodellapit00leon_0/trattatodellapit00leon_0.pdf)> (1 gennaio 2024).

Trascrizione: <[https://www.hs-augsburg.de/~harsch/italica/Cronologia/secolo15/Leonardo/leo\\_tra2.html](https://www.hs-augsburg.de/~harsch/italica/Cronologia/secolo15/Leonardo/leo_tra2.html)> (1 gennaio 2024).

### Lucrezio 2000

Tito Lucrezio Caro. (2000). *La natura delle cose*. Milano: Biblioteca Universale Rizzoli.

## M

### Manzelli 1994

Valentina Manzelli. (1994). *La policromia nella statuaria greca arcaica*. Roma: «L'Erma» di Bretschneider.

### Mercatore 1578

Gerardo Mercatore. (1578). *Tabulae Geographicae Claudii Ptolemaei: ad mentem autoris restitutae & emendatae*. Kempen.

Consultabile all'indirizzo: <[https://duepublico2.uni-due.de/rsc/viewer/dupublico\\_derivate\\_00070257/mercator-mrj-2299-7.tiff?logicalDiv=log\\_4c7bbe-ec4a-1171-17b5ebd6c](https://duepublico2.uni-due.de/rsc/viewer/dupublico_derivate_00070257/mercator-mrj-2299-7.tiff?logicalDiv=log_4c7bbe-ec4a-1171-17b5ebd6c)> (1 gennaio 2024).

### Mesnil 1927

Jacques Mesnil. (1927). *Masaccio et les débuts de la Renaissance*. La Haye: Martinus Nijhoff. DOI: <https://doi.org/10.11588/diglit.42345>.

### Migliari 2005

Riccardo Migliari. (2005). La prospettiva e Panofsky. In *Disegnare. Idee Immagini*, n. 31, pp. 28-43.

### Migliari, Fasolo 2022

Riccardo Migliari, Marco Fasolo. (2022). *Prospettiva. Teoria e applicazioni*. Milano: Hoepli.

## N

### Nicco Fasola 1942

Giusta Nicco Fasola (1942). Svolgimento del pensiero prospettico nei trattati da Euclide a Piero della Francesca. In *Le arti*, anno II, pp. 59-71.

## O

### Ovio 1918

Giuseppe Ovio. (1918). *L'Ottica di Euclide*. Milano: Hoepli.

## P

### Panofsky 1999 (1927)

Erwin Panofsky. (1999). La prospettiva “come forma simbolica” e altri scritti. A cura di Grazia Neri. Milano: Feltrinelli. (Prima edizione: *Die Perspektive als “symbolische Form”*, Leipzig-Berlin: Teubner, 1927).

### Panofsky 1960

Erwin Panofsky. (1960). *Renaissance and Renascences in Western Art*. Uppsala: Harper Torchbooks.

### Pèlerin 1505

Jean Pèlerin (Viator). (1505). *De Artificiali Perspectiva*. Toul: Petrus Jacobus.

Consultabile all'indirizzo: <<https://galeries.limedia.fr/ark:/31124/d1426xv5cdkg8x7s/p22>> (1 gennaio 2024).

### Pena 1577

Giovanni Pena. (1557). *Euclidis optica et catoptrica nunquam antehac graece aedit. Eadem latine reddita per Ioannem Penam*. Parisiis: apud Andream Wahelum.

### Perrault 1688

Charles Perrault. (1688). *Parallèle des Anciens et des Modernes en ce qui regarde les Arts et les Sciences. Dialogues. Avec le poëme du siècle de Louis le Grand, et une epistre en vers sur le génie*. Tome 10. Paris: Jean Baptiste Coignard.

### Pierantoni 1986

Ruggero Pierantoni. (1986). *Fisiologia e storia della visione*. Torino: Bollati Boringhieri.

### Piero della Francesca (1472-1475 ca.)

Piero della Francesca. (1472-1475 ca.). *De prospectiva pingendi*. Mss. Regg. A 41/2.

Copia anastatica consultabile all'indirizzo: <s> (1 gennaio 2024).

### Piero della Francesca 2016

Piero della Francesca. (2016). *De prospectiva pingendi. Edizione nazionale degli scritti di Piero della Francesca*, A. Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato. Tomo I. Ed. critica del testo volgare. A cura di C. Gizzi; Tomo II. Edizione critica dei disegni. a cura di R. Migliari et al.; Ill. Stampa anastatica del codice Parmense 1576, Biblioteca Palatina, Parma.

**Piero della Francesca 2017**

Piero della Francesca. (2017). *De prospectiva pingendi. Edizione nazionale degli scritti di Piero della Francesca*, B. Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato. Tomo I. Edizione critica del testo latino. A cura di F. Carderi; Tomo II. Edizione critica dei disegni. a cura di R. Migliari, R. ; Tomo III. Stampa anastatica del codice 616, Bibliothèque Municipale, Bordeaux.

**Plinio 2000**

Gaio Plinio Secundo. (2000). *Naturalis historia. Libri XXXVII*. In Silvio Ferri (a cura di). *Storia delle Arti antiche. Libri XXXIV-XXXVI*. Traduzione di Maurizio Harari. Milano: Biblioteca Universale Rizzoli.

**R****Raynaud 2001a**

Dominique Raynaud. (2001). *Perspectiva naturalis*. In Filippo Camerota (a cura di). *Nel segno di Masaccio. L'invenzione della prospettiva*, p. 18. Firenze: Giunti Gruppo Editoriale.

**Raynaud 2001b**

Dominique Raynaud. (2001). *Le fonti ottiche di Lorenzo Ghiberti*. In Filippo Camerota (a cura di). *Nel segno di Masaccio. L'invenzione della prospettiva*, pp. 79-81. Firenze: Giunti Gruppo Editoriale.

**Raynaud 2016**

Dominique Raynaud. (2016). *Studies on Binocular Vision*. Cham: Springer.

**Rigault 1856**

Hippolyte Rigault. 1856. *Histoire de la querelle des anciens et des modernes*. Paris: Hachette.

**S****Salveti 1998**

Carla Salveti. (1998). *Il colore dell'antichità*. In A. Donati (a cura di). *Romana Pictura. La pittura romana dalle origini all'età bizantina*, pp. 85-92. Milano: Electa.

### Schöne 1897

Richard Schöne (ed. e trad.). (1897). *Damianos Schrift über Optik*. Berlin: Reichsdrukerei.

### Schöne 1912

Richard Schöne. (1912). Skiagraphia. In *Jahrbuch des Deutschen Archäologischen Instituts*, XXVII, pp. 19-23. DOI: <https://doi.org/10.11588/diglit.44287.5>.

Consultabile all'indirizzo: <<https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/jdi1912/0029/image.info>> (1 gennaio 2024).

### Simon 1988

Gérard Simon. (1988). *Le regard, l'être et l'apparence dans l'optique de l'antiquité*. Paris: Éditions du Seuil.

Le traduzioni del testo di Simon sono della autrice.

### Simon 1994

Gérard Simon. (1994). Aux origines de la théorie des miroirs. Sur l'authenticité de la Catoptrique d'Euclide. In *Revue d'histoire des sciences*, n. 47, pp. 259-272.

### Simon 1997

Gérard Simon. (1997). La psychologie de la vision chez Ptolémée et Ibn al-Haytham. In *Perspectives arabes et médiévales sur la tradition scientifique et philosophique grecque*. Actes du colloque de la SIHSPAI (Société Internationale de l'Histoire des Sciences et de la Philosophie Arabes et Islamiques), Paris 1993, pp. 189-207. Paris: Peeters.

### Simon 2001

Gérard Simon. (2001). Optique et perspective: Ptolémée, Alhazen, Alberti. In *Revue d'histoire des sciences*, n. 54, pp. 325-350.

Consultabile all'indirizzo: <[https://www.persee.fr/doc/rhs\\_0151-4105\\_2001\\_num\\_54\\_3\\_2128#rhs\\_0151-4105\\_2001\\_num\\_54\\_3\\_TI\\_0329\\_0000](https://www.persee.fr/doc/rhs_0151-4105_2001_num_54_3_2128#rhs_0151-4105_2001_num_54_3_TI_0329_0000)> (1 gennaio 2024).

### Simon 2003

Gérard Simon. (2003). *Archéologie de la vision: L'optique, le corps, la peinture*. Paris: Éditions du Seuil.



**Sinisgalli 1995**

Rocco Sinisgalli. (1995). La prospettiva. Fondamenti teorici ed esperienze figurative dall'antichità al mondo moderno. In *Atti del Convegno Internazionale di Studi: Istituto Svizzero di Roma*, Roma 11-14 settembre 1995. Firenze: Edizioni Cadmo.

**Sinisgalli 2012**

Rocco Sinisgalli. (2012). *Perspective in the Visual Culture of Classical Antiquity*. Cambridge: Cambridge University Press.

**Sinisgalli, Vastola 1992**

Rocco Sinisgalli, Salvatore Vastola. (2012). *Il planisfero di Tolomeo*. Firenze: Edizioni Cadmo.

**Smith 1981**

Albert Mark Smith (1981). Saving the Appearances of the Appearances: The Foundations of Classical Geometrical Optics. In *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 24, 2, pp. 73-99.

Consultabile all'indirizzo: <<https://www.jstor.org/stable/41133608>> (1 gennaio 2024).

**Smith 2015**

Albert Mark Smith. (2015). *From Sight to Light: The Passage from Ancient to Modern Optics*. Chicago & London: University of Chicago Press.

**T****Ten Doesschate 1938**

Gezenius Ten Doesschate. (1938). Uit de geschiedenis der oudste stadia van de perspectiefleer. In *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 82, pp. 3341 e ss, 3856-3867.

**Tobin 1990**

Richard Tobin. (1990). Ancient perspective and Euclid's Optics. In *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, 53.1, pp. 4-41.

Consultabile all'indirizzo: <<https://www.jstor.org/stable/pdf/751337.pdf>> (1 gennaio 2024).

### **Tolomeo 1460-1466**

Claudio Tolomeo. (1460-1466). *Cosmographia*. Ms. membr., lat., sec. XV. Cc. I-II, I 24, III-IV. Biblioteca Nazionale di Napoli, ms. V. F. 32.

### **Tolomeo 1956**

Claudio Tolomeo. (1956). *L'Optique de Claude Ptolémée dans la version latine d'après l'arabe de l'émire Eugène de Sicile. Édition critique et exégétique par Albert Lejeune*. Louvain: éditions J. Duculot.

### **Tolomeo 1989**

Albert Lejeune. (1989). *L'Optique de Claude Ptolémée dans la version latine d'après l'arabe de l'émire Eugène de Sicile. Édition critique et exégétique augmentée d'une traduction française et de compléments par Albert Lejeune*. Leiden: Brill.

Le traduzioni del testo di Lejeune sono della autrice.

Data la rilevanza del testo critico di Albert Lejeune, questo titolo viene ripetuto a nome di Tolomeo [Tolomeo 1989] con riferimento al testo dell'*Optica*, e a nome del curatore [Lejeune 1989], quando si rimanda a spiegazioni e commenti.

### **Tolomeo 2021**

Claudio Tolomeo. (2021). *Almagesto. Ossia Trattato di Matematica celeste recato per la prima volta in italiano, con annotazioni e due Appendici*. Franco Luigi Viero (a cura di). S.L.: Edizioni Gratuite Audacter.it.

Consultabile all'indirizzo: <<http://audacter.it/Tolomeo.l.pdf>> (1 gennaio 2024).

## **V**

### **Valerio 1995**

Vladimiro Valerio. (1995). Cognizioni proiettive e prospettiva lineare nell'opera di Tolomeo e nella cultura tardo-ellenistica. In *Nuncius. Annali di storia della scienza*, n. 13, pp. 265-298.

### **Valerio 2012**

Vladimiro Valerio. (2012). La *Geografia* di Tolomeo e la nascita della moderna rappresentazione dello spazio. In Vanna Maraglino (a cura di). *Scienza antica in età moderna Teoria e immagini*, pp. 215-232. Bari: Casucci editori.

### Vasari 1568

Giorgio Vasari. (1568). *Le vite de più eccellenti architetti, pittori, et scultori da Cimabue insino a' tempi nostri*. Firenze: Appresso i Giunti.

Consultabile all'indirizzo: <[https://books.google.it/books?id=EYgl-hIAf0sC&printsec=frontcover&hl=it&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.it/books?id=EYgl-hIAf0sC&printsec=frontcover&hl=it&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)> (1 gennaio 2024).

### Venturi 1814

Giovanni Battista Venturi. (1814). *Commentari sopra la storia e le teorie dell'ottica del cavaliere Giambatista Venturi*. Bologna: Masi 1814. DOI: <https://doi.org/10.3931/e-ra-ra-9094>.

### Vignola-Danti 1583

Jacopo Barozzi da Vignola, Egnatio Danti. (1583). *Le due regole della Prospettiva pratica di M. Iacomo Barozzi da Vignola con i commentarij del RPM Egnatio Danti*. Roma: F. Zannetti.

Consultabile all'indirizzo: <<https://openmlol.it/media/ignazio-danti/le-due-regole-della-prospettiva-pratica-di-iacomo-barozzi-da-vignola-con-i-comentarij-del-r-p-m-egnatio-danti/585520>> (1 gennaio 2024).

### Vitruvio 1993

Marco Vitruvio Pollione. (1993). *De Architectura*. Nota introduttiva di Marco Migotto. Pordenone: Edizioni Studio Tesi.



# INDICE DEI NOMI | INDEX OF NAMES

## Abbreviazioni

Tav. = Tavola; v. = vedi; n = nota

## Abbreviations

Tav. = Plate; v. = See; n = Note

## A

Abbazia di San Gallo (v. San Gallo)

Abū 'Alī al-Ḥasan ibn al-Haytham  
(v. Alhazen)

Agatarco di Samo  
34, 36, 77 (Tav.)

Alberti, Leon Battista  
77 (Tav.), 86, 91, 151, 153, 154

Alhacem (v. Alhazen)

Alhazen (Abū 'Alī al-Ḥasan ibn al-Haytham;  
Alhacem)  
17n, 45, 45n, 46, 50, 77 (Tav.), 88, 122

Anassagora  
28, 34, 77 (Tav.)

Andersen, Kirsti  
86

Apollodoro  
28, 34, 77 (Tav.)

Apollonio, di Perga o Pergeo  
9, 42, 77 (Tav.)

Archimede  
42, 77 (Tav.)

Aristarco, di Samo  
77 (Tav.), 80

Aristotele  
30, 31n, 34l, 41n, 77 (Tav.), 90, 124

## B

Bacon, Roger (Bacone)  
17n, 45n, 158, 159

Bacone (v. Bacon, Roger)

Barozzi da Vignola, Jacopo (v. Vignola)

Beyen, Hendrik G.  
27, 28, 64, 69, 70, 70n, 117

Bracciolini, Poggio  
132

Brownson, C.D.  
59, 63, 67

## C

Canaletto (Antonio Canal)  
54

**Carlevaris, Laura**

7, 8

**Carlevarijs, Luca**

54

**Carlo V**

51

**Cicerone, Marco Tullio**

134n

**Copernico, Niccolò**

77 (Tav.), 81

## D

**Damiano, di Larissa**

47, 48, 77 (Tav.), 90, 91, 93, 93n, 96, 127n

**Danti, Egnatio**

25, 45

**Democrito**

28, 31n, 34, 40, 49, 77 (Tav.), 90

**Descartes, René (Cartesio)**

33n

**Diocle**

42, 77 (Tav.)

## E

**Edgerton, Samuel Y.**

87

**Eliodoro Larisseo**

45, 48, 77 (Tav.)

**Empedocle**

41n, 41n, 45, 77 (Tav.)

**Ercolano**

12

**Erofilo di Calcedonia**

49, 77 (Tav.)

**Erone, di Alessandria**

27, 28, 43, 73 (Tav.), 86, 143

**Euclide di Alessandria**

15, 16, 18-20, 22-36, 31n, 33n, 39, 42-47, 49, 50, 53-56, 58-76, 60n, 71n, 77 (Tav.), 88-92, 94-100, 103, 117, 122, 124, 132-137, 139-143, 146, 148, 149, 152, 153, 156, 158

**Eugenio di Palermo, o Eugenio di Sicilia**

89, 91n, 139

## F

**Flaumenhaft, Harvey**

9

## G

**Galeno, Claudio**

45, 77 (Tav.), 91, 92, 92n, 95, 137

**Gemino, di Rodi**

31, 43, 77 (Tav.)

**Gerardo da Cremona**

80

**Ghiberti, Lorenzo**

17, 23, 45n, 121, 122, 158, 159

**Gibson, James J.**

63

**Gioseffi, Decio**

27, 28, 35, 61, 63

**Gregory, Richard L.**

63

**Guardi, Francesco**  
54

## H

**Harari, Maurizio**  
123

**Hauck, Guido**  
27

**Heiberg, Johan Ludvig**  
44, 46, 59

## I

**Incardona, Francesca**  
25, 56, 68, 69n

**Ipparco di Nicea**  
77 (Tav.), 80

**Ippocrate**  
49, 77 (Tav.)

## K

**Kepler, Johannes**  
20, 46, 51-54, 135

## L

**Lejeune, Albert**  
19, 20, 31-33, 36, 48n, 61, 88, 90, 91,  
93n, 96, 102n, 108, 122, 131, 151

**Leonardo da Vinci**  
50, 101, 142, 153

**Leucippo**  
40, 77 (Tav.)

**Loria, Gino**  
8

**Lucrezio**  
19, 30, 41, 46, 70, 77 (Tav.), 97n, 98,  
132-135, 134n, 135n, 138-150, 150n,  
156, 157

## M

**Marino di Tiro**  
77 (Tav.), 84

**Monge, Gaspard**  
8

## N

**Nicco Fasola, Giusta**  
30, 46

**Niccoli, Niccolò**  
132

## P

**Panofsky, Erwin**  
8, 27, 53, 55, 56, 59, 60, 131

**Peckham, Giovanni**  
17n, 45n, 77 (Tav.), 14158, 159

**Pèlerin, Jean (Viator)**  
24, 77 (Tav.)

**Pena, Giovanni**  
46

**Piero della Francesca**  
21, 22, 24, 77 (Tav.)

**Pitagora**

39, 40

**Platone**

3 In, 32, 41, 4 In, 45, 77 (Tav.), 90

**Plinio il Vecchio**

71, 123

**Pompei**

12

## S

**San Gallo, Abbazia di (Svizzera)**

132

**Simon, Gérard**

20, 32, 47, 55, 62, 63, 71, 124

**Smith, Albert Mark**

48, 59

## T

**Teone, di Alessandria**

44, 45, 48, 59, 60, 77 (Tav.), 81, 90

**Ten Doesschate, Genezius**

69

**Tobin, Richard**

59-62

## V

**Vagnetti, Luigi**

87

**Valerio, Vladimiro**

85-87, 134n, 151

**Vanvitelli (v. van Wittel, Gaspar)**

**van Wittel, Gaspar (Vanvitelli)**

54

**Venturi, Giambattista**

35, 36, 61

**Vésale, André (Vesalio)**

51

**Vignola (Barozzi da Vignola, Jacopo)**

25

**Vitellione (Witelo, Erazmus Ciolek)**

45, 45n, 77 (Tav.), 88, 159

**Vitruvio Pollione, Marco**

27, 28, 34-36, 123, 77 (Tav.)

## W

**Wiener, Christian**

7, 8

**Witelo, Erazmus Ciolek (v. Vitellione)**



## LAURA CARLEVARIS

Architetto, ha conseguito il PhD in Rilievo e Rappresentazione dell'ambiente e dell'Architettura, Sapienza Università di Roma.

Dal 2012 è Professore Associato presso il Dipartimento di Storia, disegno e restauro dell'architettura di Sapienza Università di Roma (DSDRA) ed è membro dell'Unità di Ricerca in Geometria descrittiva dello stesso Dipartimento.

La sua attività di ricerca si incentra prevalentemente sulla Geometria descrittiva, sulla storia e i fondamenti della rappresentazione scientifica e dei suoi metodi, con particolare attenzione al rinnovamento della disciplina legato alle nuove tecnologie per la rappresentazione e la comunicazione. Si interessa di Rilievo urbano e architettonico, di Storia delle trasformazioni urbane e di documentazione e analisi dei beni culturali e paesaggistici. Ha promosso progetti di ricerca universitaria e partecipato a ricerche nazionali. Attualmente lavora con un gruppo di ricerca internazionale su temi inerenti l'Intelligenza Artificiale e le sue applicazioni al Patrimonio culturale, all'architettura e al territorio.

*Laura Carlevaris, graduated in Architecture and then obtained a PhD in Survey and Representation of the Environment and Architecture at Sapienza University of Rome. Since 2012 she is Associate Professor at the Department of History, Drawing and Restoration of Architecture, Sapienza University of Rome (DSDRA).*

*Member of the Descriptive Geometry Research Unit of DSDRA, her research activities focus primarily on Descriptive Geometry and the History and Methods of Representation, in particular the renewal and upgrading of the discipline due to the new technologies used in representation and communication.*

*Her interests include Urban and Architectural Survey, History of Urban Transformations and Documentation and Analysis of Cultural and Landscape Heritage.*

*She has launched university research projects and participated in national studies; she is currently working with an international research group focusing on Artificial Intelligence and its applications in the field of Cultural and Architectural Heritage.*

