

# Luca Pacioli e gli ingegneri del Rinascimento

## Il significato culturale del fregio del Palazzo Ducale di Urbino

Argante Ciocci

Seminario di Storia della Scienza - Università di Bari

argante1971@gmail.com

### 1. Introduzione

Le macchine di pietra raffigurate nelle formelle realizzate da Ambrogio Barocci per decorare lo zoccolo del Palazzo Ducale di Urbino non costituiscono soltanto una illustrazione e manifestazione figurativa del potere politico e militare di Federico da Montefeltro, ma assumono anche un valore culturale nell'ambito della nobilitazione delle arti meccaniche che si registra nel Ducato di Urbino nel secondo Quattrocento. Luca Pacioli, attento osservatore delle dinamiche culturali del suo tempo, ci fornisce una interpretazione delle formelle di Urbino di straordinaria rilevanza storiografica. In questo contributo viene esaminata la testimonianza di Luca Pacioli, la sua lettura culturale delle Formelle e le indicazioni sulle fonti letterarie ed iconografiche usate dagli artisti urbinati per realizzare un programma ideato dallo stesso committente e mecenate dell'opera e cioè da Federico da Montefeltro. Il fregio delle macchine scolpite nella zoccolatura del Palazzo Ducale rappresenta una sorta di codice memetico del Ducato di Urbino: gli sviluppi che l'umanesimo matematico e la meccanica avranno ad Urbino nel corso del XVI secolo, con Federico Commandino e la sua scuola, sembrano scolpiti nelle formelle che Federico da Montefeltro fece realizzare per adornare la sua dimora.

Argante Ciocci, "Luca Pacioli e gli ingegneri del Rinascimento. Il significato culturale del fregio del Palazzo Ducale di Urbino", in Pierluigi Graziani, Davide Pietrini e Laerte Sorini (a cura di), *Libro de viva pietra. Studi sul fregio della facciata del Palazzo Ducale di Urbino*, pp. 81-107.

© 2023 Urbino University Press

Università degli Studi di Urbino Carlo Bo

## 2. Luca Pacioli e la matematica “regina delle scienze”

Sull'importanza della matematica per le arti e per le tecniche avevano insistito già alcuni artisti e teorici del Rinascimento come Lorenzo Ghiberti, Leon Battista Alberti e Leonardo da Vinci, che nel delineare il programma enciclopedico delle conoscenze richieste al pittore, allo scultore e all'architetto, avevano riservato alla geometria e all'aritmetica un ruolo fondamentale. Nel curriculum universitario degli studi, inoltre, le arti del quadrivio rivestivano nel Quattrocento una insostituibile funzione propedeutica per l'esercizio della medicina, della filosofia naturale e quindi della teologia. Nel sistema educativo umanistico, infine, le discipline matematiche venivano in molti casi considerate importanti per la formazione culturale dell'uomo rinascimentale. Il ruolo della matematica, in ogni caso era, tuttavia, subordinato ai fini educativi che nei diversi ambienti culturali di lingua latina o volgare venivano perseguiti. Perfino all'interno della tradizione abachistica, la matematica, che costituiva la parte più consistente per la formazione dei mercanti, degli ingegneri, degli agrimensori e dei tecnici, era considerata per lo più in funzione dell'utilità che poteva fornire all'esercizio quotidiano delle arti e dei mestieri e non per il suo valore fondativo del sapere<sup>1</sup>.

Con Luca Pacioli, invece, la matematica diventa una vera e propria *philosophia prima*, fondamento e garanzia di certezza di tutto lo scibile. Nelle lettere che aprono la *Summa* e la *Divina proportione* il frate di Sansepolcro, infatti, disegna un progetto culturale di matematizzazione del sapere che poi ripeterà nella prolusione al corso su Euclide tenuto nella Scuola di Rialto nel 1508. Il nucleo centrale di tale programma è costituito dalla universalità delle matematiche, scienze *in primo gradu certitudinis* sulle quali si basano tutte le arti e le scienze inventate dall'uomo. Il ruolo delle arti meccaniche e il significato culturale delle formelle del Palazzo Ducale di Urbino si inseriscono all'interno di questo progetto. La lettura che di queste macchine di pietra fornisce il frate di Sansepolcro costituisce pertanto non soltanto una rilevante testimonianza storica, coeva alla realizzazione del Palazzo di Federico

---

<sup>1</sup> Sulla concezione delle discipline matematiche nell'ambito delle università, delle corti e dei circoli umanistici del Rinascimento, delle scuole d'abaco e delle botteghe degli artisti cfr. Ciocci (2009, 13-92).

da Montefeltro, ma anche una illuminata prospettiva storiografica per comprendere la rinascita della meccanica tra XV e XVI secolo.

### **3. Le proporzioni e la matematizzazione delle scienze e delle tecniche**

Nella lettera che apre la *Summa* la motivazione della matematizzazione di tutta la conoscenza resta sospesa fra la riconosciuta *utilità* a fini pratici delle discipline matematiche e la *certezza* che esse forniscono al sapere. Da una parte Pacioli mette in evidenza il ruolo fondamentale dell'aritmetica e della geometria nelle arti meccaniche, nel commercio e nei mestieri; dall'altra insiste sulle garanzie di esattezza della conoscenza fornite dalle matematiche alle altre arti liberali e a tutte le discipline insegnate nelle Università (giurisprudenza, medicina, filosofia, teologia).

Non sono, però, soltanto l'utilità e la certezza a rendere la matematica universalmente applicabile. C'è una motivazione più radicale che Pacioli pone alla base del suo progetto: l'idea che il mondo sia stato creato da Dio per mezzo dei numeri, delle figure geometriche e delle proporzioni. La *Summa* è, infatti, attraversata da una sottile vena metafisica che emerge nell'epistola dedicatoria e riaffiora saltuariamente in quelle sezioni del libro – come la prima e la sesta distinzione – in cui si registrano impennate speculative. La scienza delle proporzioni, in questi casi, è estesa all'intero scibile umano non soltanto perché la geometria è una disciplina utile ed esatta ma perché il mondo stesso è costruito con le figure geometriche dei poliedri regolari, caratterizzati da una proporzione costante tra lo spigolo e il diametro della sfera nella quale sono inscritti.

Il progetto culturale di Pacioli esposto nella lettera dedicatoria a Guidubaldo presuppone una drastica revisione del sistema delle arti e delle scienze codificato dalla scolastica medievale, e presente negli ordinamenti delle Università. I mestieri manuali dei tecnici (come il geometra, l'ingegnere, il mercante-ragioniere, lo stratega militare, l'idraulico, il meccanico, il pittore, lo scultore e l'architetto), vengono infatti affiancati da Pacioli alle attività "intellettuali" dei dotti (il medico, il giurista, il musicista, il docente universitario delle discipline del trivio e del quadrivio, il filosofo e il teologo) in virtù della comune radice di tutte le arti e le scienze che è appunto la matematica.

Nella dedica a Guidobaldo frate Luca procede ad esaminare la funzione insostituibile della matematica nei vari campi della conoscenza cominciando dall'astrologia (astronomia) alla quale – rileva Pacioli - «chi è colui che, non dico dotto, ma ancor manco asai che mediocre erudito, el qual chiaramente non veda quanto è connexa e necessaria[?]». Il riferimento a Urbino e al suo umanesimo matematico è costante in questa dedica della Summa a Guidubaldo, tanto è vero che a proposito dell'astrologia e del suo carattere matematico viene menzionato Ottaviano degli Ubaldini e il vescovo di Fossombrone, «Paulo de MidelBorgo [Paulus van Middelburg], ali cui sublimii iuditiii meritamente la presente opera per charità commetto, in approbando il ben detto et reprobando li errori se alcun vi fosse».

Nell'architettura, poi, l'utilità della geometria e delle proporzioni è evidente; come, del resto, - rileva frate Luca - mostra «Vitruvio in suo volume e Leon Battista degli Alberti Fiorentino in sua perfetta opra de architectura [...] proportionando suoi magni et excelsi hedifitii», tra i quali viene ricordato il palazzo ducale di Urbino, «el qual non solo a la vista subito veduto piaci, ma ancor più reman stupefato chi con intelletto va discorrendo, con quanto artificio e ornamento è stato composto».

Pacioli affianca Vitruvio all'Alberti sia per sottolineare il Rinascimento dell'architettura nel XV secolo, sia il carattere matematico di questa disciplina che la poneva di diritto tra le scienze *in primo gradu certitudinis*. Vitruvio aveva codificato nel *De architectura* i canoni di bellezza classici, ricorrendo alla scienza delle proporzioni. Leon Battista Alberti, che il frate aveva conosciuto a Roma nel 1471, rinnova il progetto vitruviano elaborando i principi dell'architettura matematica del Rinascimento<sup>2</sup>. Nel *De re aedificatoria*, stampato per la prima volta nel 1485, l'architetto fiorentino dedica il primo libro soprattutto alla funzione del disegno, considerato come l'anello di congiunzione tra la matematica e l'architettura, riservando gli altri due libri dell'opera alla trattazione dei materiali e dei metodi di costruzione.

Il primo libro (la teoria), è tuttavia inscindibile dagli altri due (la pratica). La matematica è, quindi, per l'Alberti alla base

---

<sup>2</sup> L'associazione di Vitruvio e Leon Battista Alberti proposta da Pacioli in nome della matematizzazione dell'architettura tramite gli *Elementi* di Euclide ricorre in molti trattatisti del Rinascimento. Cfr. Perugini (1998, 103-122).

dell'architettura<sup>3</sup>. L'esempio del palazzo di Urbino, a questo proposito, è significativo per almeno due aspetti: 1) la struttura razionale dell'edificio, al quale lavorarono architetti del calibro del Laurana e di Francesco di Giorgio Martini; 2) il richiamo alla corte dei Montefeltro in cui l'architettura era un'arte matematica molto stimata.

Federico da Montefeltro - nella *Patente al Laurana* (1468) con la quale conferisce all'architetto dalmata l'incarico di dirigere i lavori del Palazzo Ducale – esprime un giudizio che compendia i valori culturali dell'umanesimo matematico di Urbino. Il duca, infatti, scrive:

Quelli uomini noi giudicamo dover essere onorati e commendati, li quali si trovano esser ornati d'ingegno e di virtù, e maxime di quelle virtù che sempre sono state in prezzo appresso li antiqui e moderni, com'è la virtù dell'architettura fundata in l'arte dell'arismetica e geometria, che sono delle sette arti liberali, e delle principali, perché sono in primo gradu certitudinis, e è arte di gran scienza e di grande ingegno, e da noi molto estimata e aprezzata.<sup>4</sup>

L'architettura inizia il trittico delle discipline “artistiche” che – secondo Pacioli - si fondano sulla matematica. A questa, infatti, nella lettera di dedica della *Summa* a Guidobaldo, seguono la pittura e la scultura, anche esse caratterizzate dall'uso delle scienze matematiche nella riproduzione della bellezza naturale. Quanto alla prima, Piero della Francesca l'aveva caratterizzata mediante tre elementi: *commensuratio, disegno e colorare*.

Il primo elemento, la *commensuratio*, implica l'uso della *prospectiva artificialis*.

La prospettiva - scrive Pacioli -, se ben si guarda, senza dubbio nulla sarebbe se queste [le matematiche] non li se accomodasse, comme a pieno dimostra el Monarca a li tempi nostri de la pictura Maestro Piero dei Franceschi nostro conterraneo, e assiduo de la excelsa V.D. casa familiare;

---

<sup>3</sup> Il *De re aedificatoria*, già completato nel 1452 fu stampato per la prima volta a Firenze nel 1485 e dedicato a Lorenzo Il Magnifico. Nel corso del Cinquecento fu tradotto più volte in italiano. L'edizione volgare più importante fu quella di Cosimo Bartoli, stampata a Firenze, per i tipi del Torrettino nel 1550. L'edizione italiana che il Bonucci riteneva originale dell'Alberti fu poi pubblicata nel XIX secolo: Alberti (1843, vol. IV). Cfr. ora, Alberti (1966). Sull'architettura di Alberti cfr., tra gli altri studi, quelli di Wittkower (1994, 35-58); Gadol (1967); Bruschi (1978); Karvouni (1994).

<sup>4</sup> Bruschi (1978, 19-20).

per un suo compendioso trattato che de l'arte pictoria e de la lineal forza in perspectiva compose.

La citazione del trattato *De prospectiva pingendi*, «el quale al presente in vostra dignissima biblioteca appresso l'altra innumerabile multitudine de volumi in ogni facultà eletti non immeritatamente se ritrova», serve a Pacioli a dimostrare come alla pittura sia necessaria la prospettiva, «la quale – aveva scritto Piero – discerne tucte le quantità proportionalmente commo vera scientia, dimostrando il degradare et acrescere de onni quantità per forza de linee»<sup>5</sup>. Ebbene, la geometrizzazione della pittura tramite la prospettiva e la implicita strutturazione matematica dello spazio non si limita a costituire una caratteristica riscontrabile solo in Piero della Francesca ma rappresenta una innovazione rivoluzionaria accettata dai maggiori pittori rinascimentali. Se si esclude Leonardo, che a quest'epoca il frate ancora non aveva conosciuto, la lista dei prospettivi con «li quali in diversi luoghi discorrendo» Pacioli ha maturato una visione matematica della pittura, comprende i migliori pittori italiani del Quattrocento: Gentile e Giovanni Bellini, Alessandro Botticelli, Filippino, Domenico Ghirlandaio, il Perugino, Luca da Cortona, Mantegna, Melozzo da Forlì e Marco Parmigiano. Questi pittori - afferma il frate - «sempre con libella e circino lor opre proportionando a perfection mirabile ducano; in modo che non humane ma divine negli ochi s'apresentano». «Libella e circino», cioè riga e compasso, sono gli strumenti fondamentali per la costruzione dello spazio prospettico e quindi per il proporzionamento degli oggetti nella scena dipinta. Il pittore non sarebbe in grado di portare l'opera «a pefection mirabile» senza l'ausilio della geometria.

Un analogo discorso riguarda gli scultori e i lapicidi, tra i quali Pacioli cita Andrea Verrocchio e il Pollaiuolo, Giuliano e Benedetto da Maiano, Antonio Rizzo e Alessandro Leopardi. Anche la scultura, come l'architettura e la pittura, è infatti una disciplina che usa la matematica: in questo caso è tuttavia la teoria delle proporzioni del corpo umano ad essere maggiormente richiesta agli artisti<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Piero della Francesca (1984, 129). Cfr. Daly Davis (1996, 355-362).

<sup>6</sup> Lo stesso Alberti aveva sottolineato l'importanza della matematica nella scultura quando nel *De statua* paragonava l'arte dello scultore a quella di Zeusi alle prese con la statua di Giunone realizzata per gli abitanti di Crotona. Come Zeusi scelse le membra migliori di cinque belle fanciulle così – dice Alberti – «in questo medesimo modo ho io scelti molti corpi, tenuti da coloro che più sanno, bellissimi, e da tutti ho cavate le loro misure e proporzioni, delle quali avendo poi fatto comparazione [...],

Alle cosiddette arti figurative (pittura, scultura, architettura) segue la menzione della musica, la quale «chiaro ci rende lei del numero, misura, proportione e proportionalità, esser bisognosa». Sulla musica Pacioli non si dilunga molto, ricordandone soltanto l'utilità per il culto divino; ma che essa fosse una disciplina matematica è attestato dall'appartenenza alle arti del quadrivio, insieme ad aritmetica, geometria ed astronomia<sup>7</sup>.

Anche la cosmografia – afferma Pacioli - dimostra «quanto li sia necessario el numero, la misura e la proportione», come evidenziano Eratostene, Strabone e Tolomeo, «quando, de tutto lo universo mondo debitamente proportionando lor gradi in una piccola carta, provincie, città, castelli, e siti marittimi e mediterranei hanno redatto»<sup>8</sup>.

Mentre l'allusione alla musica e alla cosmografia, da tempo considerate discipline matematiche<sup>9</sup>, è del tutto in linea con la tradizione, l'inserimento delle arti meccaniche tra le discipline matematiche risulta innovativa: queste – sostiene frate Luca - «toltoli de mano la squadra, el sexto, con la lor proportione, non hanno che si peschino». Se si escludono, Ruggero Bacone, Ugo di San Vittore e alcuni fisici occamisti, il disprezzo per le arti meccaniche nel Medioevo è comune pressoché a tutte le correnti filosofiche<sup>10</sup>. Nell'opera di Pacioli le arti meccaniche, così come l'arte del commercio, acquistano uno statuto epistemologico rispettabile proprio grazie all'uso delle matematiche. Basti pensare, del resto, all'importanza che il frate assegna

---

ho prese da diversi corpi e modelli, quelle mediocrità, che mi son parse le più lodate». Alberti (1847, vol. IV, 180).

<sup>7</sup> Nel 1484 inoltre si ebbe la prima edizione a stampa del *De institutione Musica* di Boezio, dove la teoria delle proporzioni era posta a fondamento della pratica musicale. Sulla fortuna di Boezio e l'influenza del *De institutione musica* nel Medioevo e nel primo Rinascimento cfr. Obertello (1989, 157-178). Sul ruolo della musica nella *philosophiae divisio* di Boezio cfr. D'Onofrio (2001, 11-64). Le consonanze armoniche perfette, ottava, quinta e quarta, erano infatti racchiuse, come aveva insegnato Pitagora, nei rapporti fra i primi quattro numeri interi (1/2 per l'ottava; 2/3 per la quinta, 3/4 per la quarta). La conoscenza delle proporzioni aritmetiche, geometriche e armoniche, inoltre, era indispensabile per la comprensione dei vari sistemi di intonazione, e dei diversi *tonoi* teorizzati dagli antichi. Sulla teoria musicale durante l'umanesimo e il Rinascimento cfr. Palisca (1985); Walker (1985); Gozza (1988).

<sup>8</sup> Gli sviluppi della cartografia scientifica nel Quattrocento sono connessi al recupero e alla traduzione in latino della *Geographia* di Tolomeo, realizzata da Jacopo Angeli da Scarperia tra il 1406 e il 1410. Cfr. Boas (1973, 16-30).

<sup>9</sup> Cfr. Kuhn (1985).

<sup>10</sup> Cfr., a questo proposito, i saggi contenuti in D'Onofrio (2001).

ad un'arte matematica "derivata" quale è quella militare, in cui «tutte sue machine e strumenti [...] commo bastioni, ripari, bombarde, briccole, trabocchi e cetera, con tutte le artiglierie e ingegni sempre con forza de' numeri, misura e lor proportioni si troveranno fabricati e formati»<sup>11</sup>. Dell'arte militare Pacioli dice di aver più volte discusso con i maggiori condottieri del suo tempo sulla base degli autori classici di strategia, come Frontino e Vegezio. La conclusione a cui perviene Pacioli è che «nullo degno exercito, o a obsedione o defensione deputato, de tutto provveduto se po' dire se in quello non si trovi ingegneri e nuovo machinatore particolarmente ordinato».

Il sapere degli ingegneri e dei tecnici militari aveva una lunga tradizione che dal mondo romano e arabo era filtrata, attraverso le compilazioni medioevali come quelle di Villard de Honnecourt, Konrad Kyeser e Guido da Vigevano, fino alla prima generazione degli ingegneri del Rinascimento (Jacopo Fontana, Marino Taccola, Ridolfo Fioravanti e Roberto Valturio)<sup>12</sup>. Ciò nonostante il sapere dei tecnici militari era stato sempre emarginato dalle considerazioni dei dotti. Luca Pacioli cerca di riallacciare il rapporto dei condottieri contemporanei con gli autori classici; cita la figura paradigmatica di Archimede che «con sue machine e ingegni mechanic salvò incolume Syracuse da l'impeto e successo bellico de' Romani» e si incontra con strateghi e ingegneri militari come Camillo Vitelli e Giovan Giacomo Trivulzio, «de parte in parte scorrendo per li antichi volumi Quinto Curtio, Frontino, Vegetio e gli altri che de re militari hanno scritto [...]»; le qual cose certamente tutta l'aperta experientia de la felicissima Vostra paterna memoria [Federico da Montefeltro] a l'universa Italia el feci manifestò».

---

<sup>11</sup> Pacioli (1494), epistola dedicatoria a Guidobaldo da Montefeltro. De l'arti tutte mechaniche, scorrendo in tutti exercitii e misteri, non si vede oculata fide, che toltoli de mano la squadra el sexto con la lor proportionone non sanno che si peschino. Chi de tarsia sì nobilmente con tanta diversità de legnami per tutto apieno l'unico V.D. palazzo ha disposto, se non le linee curva e retta, con suoi puntuali termini proportionata? Similmente al vero nutrimento humano arte Negociaria, detta mercantia, toltoli el numero el calculo in tutte sue operationi (commoin sue Ethimologie dice Ysidoro) subito peresci. Se ben si guarda ancora la defensione de tutte le grandi e piccole republiche, Arte militare appellata, tutte sue machine e strumenti (prendisse qual voglia) commo bastioni, ripari, bombarde, briccole, trabocchi e cetera, con tutte le artiglierie e ingegni sempre con forza de' numeri, misura e lor proportioni si troveranno fabricati e formati.

<sup>12</sup> Sulle conoscenze degli ingegneri durante il Medioevo e il Rinascimento cfr. Gille (1972); Galluzzi (1996).

Sulla scia di Boezio e di Isidoro di Siviglia, l'autore della *Summa* estende poi l'importanza della matematica anche alle scienze del trivio<sup>13</sup>, e alla filosofia che, dal canto suo, ricorre spesso alle dimostrazioni matematiche, come si può vedere in alcuni passi delle opere aristoteliche «dove con ogni cura la proportione de' mobili, motori e moti, e lor potentie dimostra. E in quel *de celo* e mundo altro non revolta che circuli, corpi, sphere e lor proportioni»<sup>14</sup>. Tutte la arti liberali, quindi, necessitano della base matematica.

Della Medicina - afferma il frate - altro «non acade addure se non quello che de sotto nel trattato de proportioni e proportionalità se dirà; dove se concluderà senza loro intelligentia al subsidio de la humana corporal salute per niun modo poterne venire». Perfino la Giurisprudenza - e qui Pacioli cita il celebre Bartolo da Sassoferrato - non può fare a meno delle proporzioni e nemmeno la teologia «senza la notitia de la arithmetica, geometria, proportioni e proportionalità possi intendere».

L'estensione del numero è quindi universale. Pacioli infatti con molta cura si preoccupa di ribadire la necessità della matematica per tutte le discipline che in quel periodo venivano insegnate nelle Università, oltre che naturalmente per le arti meccaniche e per quelle che successivamente saranno chiamate “belle arti” (pittura, scultura, architettura). Ogni campo del sapere quindi deve strutturarsi matematicamente se vuole essere annoverato fra le scienze. La ragione di ciò risiede nella convinzione che il mondo sia stato creato mediante la matematica:

Tutte le cose create - conclude Pacioli - sian nostro spechio chè niuna si troverà che sotto numero, peso e misura non sia constituta, commo è ditto da Salomone nel secondo de la Sapientia. Hanc denique preoculis Summus Opifex in celestium terrestriumque rerum dispositione semper

---

<sup>13</sup> Così la grammatica, la retorica, la poetica e la dialettica in una maniera o nell'altra necessitano - sostiene Pacioli - del numero e della misura. La grammatica, infatti, non può fare a meno del numero, sia nelle regole della scrittura, sia nella distribuzione degli accenti (grave, acuto e circonflesso); la retorica «con debito numero» distingue le parti di un'orazione; la poesia prescrive canoni numerici «per misura e bilancia de tutti suoi armonici versi» e la dialettica, infine, «senza el suffragio di queste doi sorelle, Arithmetica e Geometria e del loro essenzial vinculo proportione, appare non poter per alcun modo in tutto esser manifesta».

<sup>14</sup> L'opera di Aristotele presa in considerazione da Pacioli era tra le più studiate nelle facoltà universitarie. Il *De coelo* inoltre era già stato stampato coi commenti di Averroè: Aristoteles (1473).

habunt. Dum orbium motus; cursusque syderum et planetarum omnium ordinatissime disponeret. Hec quando ethera firmabat sursum. Et appendebat fundamenta terre, et librabat fontes aquarum. Et mari terminum suum circumdabat legemque ponens aquis ne transirent fines suos, cum eo erat cuncta componens etc.<sup>15</sup>

È quindi la struttura matematica dell'universo a giustificare l'estensione a tutte le discipline della geometria e dell'aritmetica.

Con questa sottile vena metafisica “Fratri Luca de Burgo Sancti Sepulcri, ordinis minorum, sacre theologiae Magistri” dedica la *Summa* ad “Illustrissimum principem sui Ubaldum Ducem Montis Feretri, Mathematicae discipline cultorem serventissimum”, alla cui corte, centro dell'umanesimo matematico, il libro poteva trovare la più calda accoglienza.

#### 4. La *Divina proportione* (1498) e le formelle di Urbino

L'Epistola dedicatoria della *Divina proportione* (1489) presenta un programma di matematizzazione del sapere analogo a quello di quattro anni prima. Da una parte Pacioli insiste sull'utilità che le matematiche recano ad ogni campo dello scibile umano; dall'altra legittima la loro applicabilità universale con ragioni metafisiche concernenti la struttura geometrica del mondo. Circa l'*utilità* delle matematiche Pacioli ritiene che essa sia un riflesso della *verità*, «e però maggiormente le cose vere sirano a noi utili e proficue, perché di queste se non vero ne pervene. Ma de le vere, commo afferma Aristotele e Averrois, le nostre mathematici sono verissime e nel primo grado de la certezza e quelle sequitano ogni altre naturali».

Senza la certezza della matematica ogni altra scienza si ridurrebbe ad un coacervo di opinioni infondate, inutili per risolvere le necessità pratiche. Pertanto - conclude frate Luca - le discipline matematiche, che in passato consentirono agli antichi egizi di scoprire le cause dell'eclisse<sup>16</sup>, meritano in futuro “più magnanima” e ampia considerazione:

---

<sup>15</sup> Pacioli (1494), epistola dedicatoria.

<sup>16</sup> Pacioli, nel riferirsi agli antichi egizi, abbozza una sorta di teoria gnoseologica. L'idea è che la scienza, come afferma Aristotele, nasca dalle sensazioni e in particolare dalla vista, ma necessiti - aggiunge Pacioli - della spiegazione matematica. Il caso delle eclissi è a questo proposito emblematico poiché all'osservazione si sovrappone

Conciosia che dicte mathematici sieno fondamento e scala de pervenire a la notitia de ciascun altra scientia per esser loro nel primo grado de la certezza affermandolo el philosopho; così dicendo: Mathematice enim scientie sunt in primo gradu certitudinis et naturales sequuntur eas. Sono commo è dicto le scientie mathematici discipline nel primo grado dela certezza e loro sequitano tutte le naturali. E senza lor notitia fia impossibile alcun altra bene intender.

Alla certezza delle matematiche si aggiunge una ragione più profonda che rende lo studio di queste scienze meritevole di essere perseguito. La matematica, infatti, non è soltanto la madre delle scienze e delle arti ma costituisce anche il linguaggio con il quale Dio ha scritto il libro del mondo,

e nella Sapientia ancora è scripto quod omnia consistunt in numero pondere et mensura, cioè che tutto ciò che per lo universo inferiore e superiore si squaterna quello de necessità al numero, peso e mensura fia sottoposto. E in queste tre cose l'Aurelio Augustino in *De Civitate Dei*, dici el summo opefice summamente esser laudato, perché in quelle fecit stare ea que non erant. Per la cui amorevole exhortatione comprendo molti de tal fructo suavissimo de utilità ignari doversi dal torpore e mental sonno exvegliare e con ogni studio e solitudine ad inquirere quelle al tutto darse. E sia cagione in esse el seculo al suo tempo renovarse. E con più realtà e prestezza in cadun loro studio de qualunque scientia ala perfection venire.<sup>17</sup>

Nelle ultime due righe di questo passo si legge la motivazione profonda che spinge Pacioli ad impegnarsi in questa apologia delle matematiche: «E sia cagione in esse el seculo al suo tempo renovarse. E con più realtà e prestezza in cadun loro studio de qualunque scientia ala perfection venire». Il rinascimento della civiltà risiede per frate Luca nella rinascita delle matematiche. Le arti e le scienze infatti si basano sulla certezza e la verità di queste discipline. Dalla loro verità deriva, poi, l'utilità pratica e il miglioramento della civiltà; diventa perciò necessario impegnarsi seriamente nello studio delle matematiche in modo che «sia cagione in esse, el seculo al suo tempo renovarse».

---

la spiegazione dell'ottica geometrica che consente di individuarne la causa («Propter ad mirari ceperunt philosophari. Vole Ex. D. la proposta auctorità del Maestro de color che sanno che dal vedere havesse initio el sapere... Comme in quello luogo se contene vedendo li sacerdoti de Egypto la luna eclipsare molto stetero admirativi, e cercando la cagione quello per vera scientia trovaro naturalmente advenire per la interpositione de la terra infra il sole e la luna di che rimaser satisfacti», Pacioli (1982, c. 4r).

<sup>17</sup> Pacioli (1982, c. 5r), epistola dedicatoria a Ludovico il Moro.

Per mostrare come dalle scienze matematiche derivi il miglioramento e la rinascita della società Pacioli si dilunga a specificare il loro uso nella costruzione di ordigni militari, di fortificazioni, di ponti, di strumenti di difesa, che «sempre con forza de numeri, mensura e lor proportioni se trovaranno fabricati e formati»<sup>18</sup>. L'ingegneria militare, argomento particolarmente caro sia Ludovico il Moro che a Galeazzo Sanseverino, occupa un posto di primo piano nelle considerazioni di frate Luca. L'arte della guerra, infatti, «non è possibile senza la notitia de Geometria, Arithmetica e proportione, egregiamente poterse con honore e utile exercitare. E mai niun degno exercito finalmente a obsidione o defensione deputato de tutto proveduto se pò dire, se in quella non se trovi ingegneri e novo machinatore particular ordinato»<sup>19</sup>.

I casi storici che corroborano la tesi di Pacioli sono molteplici e spaziano dall'uso degli specchi ustori di Archimede fino alla rocca di Urbino di Federico da Montefeltro, le decorazioni della quale contengono formelle in cui si raffigurano gli strumenti bellici, costruiti mediante l'applicazione della matematica all'arte della guerra<sup>20</sup>. Tra le macchine da guerra frate Luca annovera «bombarde, briccole, trabochi, mangani, rohonfee, baliste, catapulte, arieti, testudini, grelli, gatti, con tutte altre innumerabili machine, ingegni e istrumenti» descritti nei trattati di Jacopo Fontana, Mariano Taccola, Aristotele Fioravanti, Francesco di Giorgio Martini e Roberto Valturio. Tra le armi di «offensione» compare anche la «bombarda», che costituì una delle applicazioni più rilevanti della polvere da sparo e produsse una vera e propria rivoluzione nell'arte della guerra<sup>21</sup>. La conseguenza più immediata dell'introduzione della polvere da sparo fu, oltre al cambiamento delle strategie militari, la necessità di modificare la costruzione delle fortezze difensive, cioè di «roche, torri, revelini, muri, antemuri, fossi, ponti, turrioni, merli, mantelletti e altre fortezze nelle terri, città e castelli». Anche le strutture difensive – rileva Pacioli - al pari delle macchine offensive necessitano di «geometria e proportioni». Pertanto la vittoria nelle guerre e la conservazione del benessere «de le

---

<sup>18</sup> Ivi, carta 6 r.

<sup>19</sup> *Ibidem*.

<sup>20</sup> Pacioli qui allude alla zoccolatura del fronte d'ingresso del Palazzo Ducale di Federico, ornato da 72 formelle che raffiguravano macchine belliche realizzate da Ambrogio Barocci. Cfr. Bruschi (1978, 64-65).

<sup>21</sup> Cfr. Bernardoni (2014); Bernardoni (2009, 35-65).

grande e piccole repubbliche» dipende dalla preparazione matematica degli ingegneri che accompagnano gli eserciti.

Non peraltro sì vittoriosi furon li antichi Romani, commo Vegezio, Frontino e altri egregii autori scrivano, se non per la gran cura e la diligente preparatione de ingegneri e altri armiragli da terra e da mare, quali senza le mathematici discipline, cioè Arithmetica, Geometria e proportioni, non è possibile lor sufficientia.<sup>22</sup>

Pacioli si appoggia sull'autorità di alcuni scrittori di arte militare dell'antichità, come Flavio Vegezio Renato (IV-Vsec. d.c.) autore dell'*Epitoma Institutorum rei militaris*, e Sesto Giulio Frontino (30ca. - 103ca. d.c.) autore, tra le altre opere, di un trattato sull'arte della guerra (*Stratagemata*) e di uno di ingegneria civile (*De aquaeductu urbis Romae*). Le opere di Frontino e Vegezio erano conservate nella Biblioteca Ducale di Urbino (il *De aquaeductu urbis Romae* nell'Urb.Lat. 1345, gli *Stratagemata* di Frontino e l'*Epitoma de re militari* di Vegezio nell'Urb. Lat. 1221) ed erano comunque state pubblicate a stampa proprio in quegli anni.

Alla citazione di due classici dell'arte militare, come Vegezio e Frontino, frate Luca affianca, com'è sua consuetudine, un autore moderno dell'arte militare come Roberto Valturio, che «in la degna opera sua *de instrumentis bellicis* intitulata», descrive in dettaglio queste macchine da guerra<sup>23</sup>.

Valturio, la cui opera *De re militari* fu stampata a Verona nel 1472, viene considerato da Pacioli come un diretto continuatore dell'ingegneria militare dei romani. Dalle opere storiche di Livio, Plinio e dello stesso Cesare, il «peritissimo ariminese» – secondo Frate Luca – trasse la descrizione delle macchine belliche contenute nell'opera

---

<sup>22</sup> Pacioli (1982, c. 6v).

<sup>23</sup> Pacioli si appoggia sull'autorità di alcuni scrittori di arte militare dell'antichità, come Flavio Vegezio Renato (IV-Vsec. d.c.) autore dell'*Epitoma Institutorum rei militaris*, e Sesto Giulio Frontino (30ca. - 103ca. d.c.) autore, tra le altre opere, di un trattato sull'arte della guerra (*Stratagemata*) e di uno di ingegneria civile (*De aquaeductu urbis Romae*). Di questi autori antichi probabilmente Pacioli ha notizia tramite l'opera di Roberto Valturio (1405-1475), *De re militari*, in 12 libri, edita a stampa a Verona nel 1472, tradotta da Ramusio nel 1483 e conosciuta anche da Leonardo e Francesco di Giorgio. Le opere di Frontino e Vegezio erano comunque state pubblicate a stampa proprio in quegli anni.

dedicata a Sigismondo Pandolfo Malatesta, signore di Rimini e condottiero tra i più valenti del Quattrocento.<sup>24</sup>

Una delle copie manoscritte del *De re militari* era conservata nella Biblioteca Ducale di Urbino (Urb. Lat. 281) e testimonia anche il rapporto personale tra Federico da Montefeltro e Roberto Valturio. In occasione della morte di Battista Sforza, infatti, Valturio scrisse al Duca di Urbino una sentita ed erudita lettera di condoglianze (1472, ms. Città del Vaticano, Biblioteca Apostolica Vaticana, Urb. Lat. 1193, cc. 40v-47v), che contiene i concetti fondamentali di quello che potremmo definire l'*umanesimo militare* di Federico da Montefeltro. Il termine "umanesimo militare" sembra essere un ossimoro per la nostra sensibilità che vede nella guerra una bestiale pazzia. Il Duca Federico, tuttavia, è un umanista, educato alla raffinata scuola di Vittorino da Feltre ma è anche un valente condottiero del XV secolo, che proprio sull'arte della guerra aveva fondato le sue fortune ed aveva acquisito il potere e il titolo di principe. È proprio in questa duplice veste di umanista e militare che lo ritrae Pedro Berruguete: il Duca è intento a leggere un libro ma ha le vesti di un soldato.

L'immagine di Berruguete quindi mette insieme i connotati del Duca: la cultura classica e l'armatura da condottiero. Nella civiltà classica, il condottiero letterato - si pensi ad esempio a Giulio Cesare - è un esempio di virtù umane e proprio a queste virtù classiche sono dedicati i primi capitoli dell'opera di Roberto Valturio<sup>25</sup>.

Nel riallacciare i rapporti con la civiltà antica Pacioli pertanto cita l'opera di Valturio, che comunque non è un tecnico ma un uomo di lettere che compila in latino un trattato sull'arte militare.

---

<sup>24</sup> Per un'immagine del condottiero rinascimentale cfr. Mallett (1988, 1995, pp. 45-72); Mallett (1983).

<sup>25</sup> Dopo una prefazione con dedica a Sigismondo Pandolfo Malatesta, Valturio fornisce un elenco delle fonti classiche utilizzate e una premessa sulla storia dell'arte della guerra, tratta dei seguenti argomenti:

libri I-V: qualità del condottiero e virtù di cui deve essere dotato (prudenza, fermezza, giustizia e temperanza);

libri VI e VII: l'arte della guerra presso gli antichi Romani;

libri VIII-XII: lessici voci suddivise tra diversi argomenti:

libro VIII: uffici pubblici (militari, civili e religiosi) e categorie di combattenti;

libro IX: formazioni militari, momenti e usi del combattimento;

libro X: insegne, gradi, vesti militari, armi difensive e offensive, macchine da guerra e artiglierie;

libro XI: guerra navale: vari tipi di barche e materiali connessi;

libro XII: trionfi e onorificenze militari.

Occorre tuttavia rilevare che gran parte delle macchine descritte nel libro *De re militari*, derivano da quelle di Mariano Taccola e quindi dalla tradizione medioevale dei tecnici militari<sup>26</sup>.

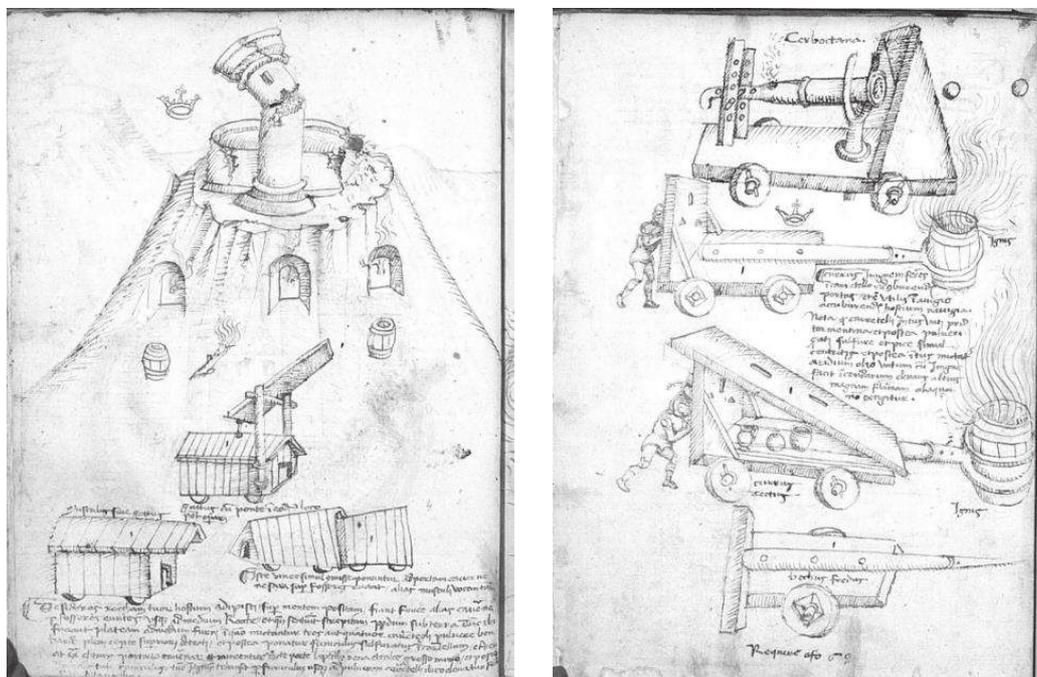


Fig. 1 Taccola, *De machinis*, Codice Lat. Monacensis 28800 della Bayerische Staatsbibliothek, c. 48v (mina sotterranea fa crollare una fortezza) e in basso c. 54v (carrelli con scudo di protezione per il trasporto di una cerbottana e barilotti incendiari), facsimile

Rispetto ai trattati degli ingegneri si aggiunge però una novità, costituita dalle reminiscenze antiche e dalle citazioni classiche che affiorano spesso nell'opera di Valturio. I disegni di macchine, infatti, servono a corredare un testo umanistico e non si limitano a lasciare tutta la spiegazione alla figura. È proprio la commistione tra la cultura “dotta” dell'umanista e la tradizione tecnica degli ingegneri a sollecitare l'interesse di Pacioli verso l'opera del riminese. Il libro *De re militari*, terminato nel 1455 conobbe, soprattutto dopo la stampa, una diffusione notevole e costituì uno dei punti di riferimento della stessa

<sup>26</sup> Le stesse illustrazioni del testo di Valturio furono eseguite da Matteo de' Pasti, che attinse in larga misura dai disegni del Taccola. Cfr. Gille (1972, 105-110); Galluzzi (1996). Delle opere di Taccola restano alcuni codici di rilevante interesse: 1) Cod. Lat. Monacensis 197 II, conservato alla Bayerische Staatsbibliothek di Monaco (*De ingnensis I-II*); 2) Cod. Lat. Monacensis 28800 (*De machinis*) conservato a Monaco; 3) il Ms. Palat. 766 della Biblioteca Nazionale di Firenze (contiene *De ingnensis III-IV*).

ingegneria militare di Leonardo. Frate Luca, inoltre, ritiene che proprio all'opera di Valturio si ispiri il programma decorativo del fregio del palazzo di Federico da Montefeltro:

E de ditte machine e instrumenti – scrive – ad litteram, commo in suo libro ditto ariminese pone, e de molte altre più assai, la felicissima memoria del congiunto e stretto affine de Vostra Celsitudine Federigo Feltrense, Illustrissimo Duca de Urbino, tutto el stupendo hedificio del suo nobile ammirando palazzo in Urbino circumcirca da piede in un frixio de viva e bella pietra, per man de dignissimi lapicidi e scultori ordinatamente feci disporre.<sup>27</sup>

La testimonianza di Pacioli è preziosa per almeno due motivi: 1) indica chiaramente nella figura di Federico da Montefeltro non soltanto il committente ma anche l'ideatore del fregio in pietra del Palazzo Ducale di Urbino; 2) individua chiaramente una delle fonti delle macchine di pietra, scolpite da Ambrogio Barocci nell'opera di Valturio. Quali furono le motivazioni che spinsero il Duca Federico a commissionare ai suoi «dignissimi lapicidi e scultori» la realizzazione delle macchine militari e civili lungo la zoccolatura del suo palazzo? Senza dubbio le formelle sono un'icona del suo potere, ottenuto grazie alle imprese militari. Sarebbe tuttavia riduttivo spiegare la decisione di Federico in termini puramente autocelebrativi. Il Duca di Urbino aveva creato nella sua corte un ambiente culturale fecondo, frequentato da artisti, umanisti e matematici. Nel suo progetto culturale la disciplina principe era l'architettura e il trionfo delle macchine era lo specchio esterno dell'attività di recupero della civiltà classica che si svolgeva nella corte. Le formelle di pietra pertanto traducevano in immagini l'attività di recupero e riscoperta della civiltà classica che si svolgeva all'interno del Palazzo. La facciata del Palazzo Ducale rappresenta l'aspetto esteriore della Biblioteca di Federico. Le fonti delle formelle di pietra trovano, infatti, una straordinaria corrispondenza con i preziosi e lussuosi codici latini che Federico da Montefeltro stava raccogliendo.

Il Codice Urb. Lat. 281, che conserva il *De re militari* di Valturio contiene, infatti, *ad litteram* – come dice Pacioli – l'immagine di ben 11

---

<sup>27</sup> Pacioli (1982, c. 6v).

delle macchine raffigurate nelle formelle di Ambrogio Barocci e della sua scuola<sup>28</sup>.

## 5. Le altre fonti delle formelle: Francesco di Giorgio, Vitruvio e le macchine civili

Il programma iconografico di Federico, ispirato al *De re militari* di Valturio, fu poi completato da Francesco di Giorgio Martini, che della tradizione degli ingegneri militari del Rinascimento è un diretto ed eccellente continuatore. I *Trattati di architettura civile e militare* dell'architetto non sono menzionati da Pacioli, ma l'opera, che insieme a quella di Valturio ispira la zoccolatura del Palazzo di Urbino, è senza dubbio da annoverare tra le maggiori di ingegneria militare del Quattrocento<sup>29</sup>. La parabola culturale di Francesco di Giorgio è quella di un ingegnere e architetto che, pur appartenendo a quello *strato culturale intermedio* tra dotti ed analfabetici, costituito dai tecnici, cerca di nobilitare la sua arte e annoverarla tra le scienze. I suoi taccuini, che agli inizi della sua carriera ricalcano la tipologia dei disegni di macchine del suo maestro senese Mariano Taccola, cominciano col tempo ad affiancare al registro grafico quello verbale, segno inequivocabile di una trasformazione del linguaggio della tecnica nelle forme espositive della cultura dotta<sup>30</sup>.

Quando Francesco di Giorgio Martini subentra a Luciano Laurana nel dirigere la fabbrica del Palazzo Ducale di Urbino (1475-76) il suo

---

<sup>28</sup> Per quanto riguarda le fonti iconografiche dell'opera, 33 formelle sono liberamente o direttamente ispirate alle illustrazioni del *Trattato di architettura civile e militare* e a disegni di Francesco di Giorgio; 11 sono tratte dal *De re militari* di Valturio; 4 da disegni quattrocenteschi su fonti antiche ormai perdute; 9 sono derivate dalle cosiddette Porte della Guerra presenti nello stesso Palazzo Ducale; di 10 non è stato ritrovato riscontro iconografico preciso mentre le restanti 4 hanno una fonte comune, essendo presenti sia in disegni di Mariano di Jacopo (detto "il Taccola") che in quelli di Valturio e di Francesco di Giorgio. Cfr. Bernini Pezzini (1985); Molari e Molari (2006).

<sup>29</sup> Cfr. Francesco di Giorgio Martini (1979). Oltre a questo- conservato nei codici Ashburnham 361 (Biblioteca Laurenziana), Saluzziano 148 (Biblioteca Reale di Torino) e il MS. II.1.141 della Biblioteca Nazionale di Firenze -, sono conservati e autografi di Francesco di Giorgio il Ms 197b.21 del British Museum di Londra e il Codice Lat.Urb 1757 della Biblioteca Vaticana. Cfr. Galluzzi (2005, 241-272).

<sup>30</sup> Francesco di Giorgio Martini (2002); Fiore e Tafuri (1993); Fiore (2004); Fiore e Cieri Via (1997).

linguaggio espressivo è ancora quasi esclusivamente grafico. I due manoscritti di macchine dai quali vengono tratte molte delle 72 formelle realizzate da Ambrogio Barocci e dalla sua scuola sono il codicetto Urb.Lat. 1757 e il successivo *Opusculum de Architectura* (Ms. 197.b.21, British Museum, London) dove si trovano, come nei codici di Taccola, soltanto i disegni delle macchine da guerra citate in rapida rassegna da Pacioli, e riprodotte, insieme alle macchine usate nell'ingegneria e nell'architettura civile (alzacolonne, argani, mulini idraulici, ecc), nelle formelle di Urbino.

Eppure Francesco di Giorgio, anche se è un tecnico, partecipa alla riscoperta umanistica degli antichi. A Urbino compie il suo salto di qualità culturale e comincia la sua riscoperta di Vitruvio. Una parziale traduzione del *De architectura* è conservata nel codice Magliabechiano n.141 alla Biblioteca Nazionale di Firenze, e tracce vitruviane sono ravvisabili anche nei codici di macchine. Alcuni disegni di Francesco di Giorgio infatti illustrano le macchine descritte da Vitruvio nel libro X de *De Architectura*; la vite di Archimede, ad esempio è una delle macchine disegnate da Francesco di Giorgio di chiara matrice vitruviana, così come anche le norie e alcune macchine da guerra presenti sia nei codici manoscritti dell'ingegnere senese, sia tra le formelle realizzate da Ambrogio Barocci.

## 6. Vitruvio e le formelle

Tra le fonti classiche che, anche se indirettamente, ispirano il fregio di Urbino quindi va annoverata anche l'opera vitruviana. Del *De architectura* di Vitruvio il duca Federico possedeva uno splendido codice, l'attuale Urb. Lat.1360. Pur essendo privo delle illustrazioni – come del resto tutti gli altri codici quattrocenteschi noti dell'opera di Vitruvio –, il manoscritto conservato nella Biblioteca Ducale è testimone non soltanto degli studi vitruviani a Urbino al tempo di Francesco di Giorgio, ma anche dell'importanza e della nobiltà culturale che il Duca conferiva all'architettura.

Lette in chiave vitruviana, le formelle del palazzo rappresentano il trionfo della meccanica. Il libro X dell'opera vitruviana è dedicato alla *machinatio* e costituisce, nel progetto di Vitruvio esposto nel primo libro (1,3,1), la terza parte dell'architettura dopo la *aedificatio*, che occupa i primi sette libri, e la *gnomonica*, trattata nel libro IX. Nella tradizione scientifica e culturale ellenistica la scienza meccanica e la tecnologia

delle macchine ad essa connessa costituivano, come emerge dalla *Sintassi meccanica* di Filone di Bisanzio<sup>31</sup>, un genere autonomo dall'architettura. Vitruvio, invece, inserisce la meccanica all'interno di un trattato di architettura sia per il ruolo delle macchine nella *aedificatio*, sia per il suo interesse, quale ingegnere militare al seguito di Cesare, per le macchine belliche.

Il termine *machinatio* in Vitruvio acquisisce un'accezione semantica molto più ampia della parola *meccanica*: indica infatti non soltanto i meccanismi tecnici (le nostre "macchine") ma anche i marchingegni della mente, gli stratagemmi utilizzati in situazioni difficili e specialmente in guerra (gli *Stratagemata* di cui parla Frontino). Occorre rilevare inoltre che la *machinatio* appare a Vitruvio oltre che una descrizione tecnica di macchine anche una scienza delle macchine (la nostra *meccanica* appunto) che spiega i principi del loro funzionamento. Il libro X del *De architectura* si presenta, del resto, come un trattato di *tecnologia* più che di *tecnica* delle macchine, poiché pretende oltre che di descrivere il funzionamento delle stesse anche di illustrare la teoria che sta alla base della loro costruzione. Ai primi tre capitoli di meccanica teorica, che risentono dei *Mechanica* attribuiti ad Aristotele<sup>32</sup>, segue

---

<sup>31</sup> Dell'opera, redatta alla fine del III secolo a.c. restano il libro IV (*Beloipoiikà*), sulle macchine da getto, il libro V, dedicato alle macchine d'assedio (*Polioretica*) e a quelle di difesa (*Paraskeuastica*) e gli *Pneumatikà*, conservati nella versione araba. I *Beloipoiikà* sono stati pubblicati in Marsden (1971). Per le altre opere cfr. Philons *Mechanik* (1920).

<sup>32</sup> La spiegazione del funzionamento delle macchine è basata sul principio della *Kyklíkè kènesis*. Scrive, a questo proposito Vitruvio: «Tutti i congegni meccanici devono la loro origine alla natura e il loro principio fondamentale alla rotazione del mondo da cui traggono lezione e insegnamento. Consideriamo infatti attentamente, prima di ogni altra cosa, il sistema formato dal sole, dalla luna e dai cinque pianeti: se questi non avessero rotazioni regolate da leggi meccaniche, non avremmo periodicamente la luce né i frutti maturi. Quando dunque i nostri antenati compresero la natura di tali fenomeni, trassero i loro modelli dalla natura e imitandoli, guidati dalle opere divine, svilupparono applicazioni utili all'esistenza. E così, a scopo di maggiore comodità, alcune le realizzarono per mezzo delle macchine e delle loro rotazioni, altre per mezzo di strumenti, e quelle che capivano essere utili ai bisogni si preoccuparono di perfezionarle con la riflessione teorica, con la ricerca tecnica, con l'istituzione graduale di una scienza», (Vitruvio, 1997, p. 1303). È quindi il moto circolare, imitazione del moto naturale dei pianeti, a costituire il principio di funzionamento delle macchine semplici. Vitruvio infatti, riconduce a tale principio anche il funzionamento della leva. «Analogamente – scrive – quando una leva di ferro è applicata ad un peso che un gran numero di mani non riesce a smuovere, se si pone sotto la leva un sostegno rettilineo in funzione di fulcro – quello che i Greci chiamano

quindi la meccanica pratica, divisa in meccanica civile (capp. 4-9) e meccanica militare (capp. 10-16). Quest'ultima a sua volta risulta suddivisa nella descrizione delle macchine da getto, catapulte e baliste (*Beloipoiikà*, capp. 10-12); delle macchine da assedio, arieti e testuggini (*Polioretica*, cap.13-15); e delle strategie per la difesa (*Paraskenastica*, cap. 16). La divisione degli argomenti approntata da Vitruvio sembra suggerire una fondazione della meccanica pratica su quella teorica, e quindi non semplicemente l'illustrazione di un sapere tecnico che Vitruvio trae dalla sua pratica professionale e dall'insegnamento orale dei suoi *praeceptores*, ma una vera e propria tecnologia fondata sulla scienza meccanica elaborata in età ellenistica soprattutto da Archimede, Ctesibio di Alessandria e Filone di Bisanzio<sup>33</sup>. Con questa opera di mediazione fra il sapere pratico degli ingegneri e i fondamenti teorici della scienza delle macchine, Vitruvio si prefigge di raggiungere due scopi: quello *utilitaristico* di fornire ai costruttori di macchine indicazioni ed elementi tecnici indispensabili per l'esercizio del loro mestiere; e quello *teoretico* di nobilitazione culturale della *machinatio*. Quest'ultimo scopo, del resto, riguarda tutta l'architettura, una disciplina che Vitruvio intende innalzare al livello di scienza oltre che di arte.

Lo stesso progetto di nobilitazione culturale che Vitruvio perseguiva nel *De Architectura* caratterizza i suoi emuli urbinati del XV secolo. L'idea del Duca Federico di celebrare le macchine tramite sculture in pietra, pertanto, non costituisce soltanto un'azione di sfoggio del potere politico raggiunto da un condottiero ma sottende una concezione del sapere fondata sull'architettura, scienza *in primo gradu certitudinis*, come aveva ribadito nella Patente al Laurana. Le formelle di Urbino, del resto, non si limitano a raffigurare le macchine

---

*hypomòchlion* – e sotto il carico si fa scivolare il braccio corto della leva, sarà sufficiente che la forza di un solo uomo preme sul braccio lungo della leva perché questo sollevi il carico. E questo perché il braccio inferiore della leva, quello più corto, scivola sotto il carico a partire dal sostegno che costituisce il fulcro, mentre il suo braccio lungo, che si trova a una maggiore distanza da tale fulcro, viene abbassato facendo forza su di esso, e *descrivendo movimenti circolari* fa sì che un carico oltremodo pesante venga controbilanciato grazie alla pressione esercitata da poche mani».

<sup>33</sup> Per l'elaborazione del libro X Vitruvio poteva avere a disposizione una discreta letteratura inerente alla meccanica teorica. Nel proemio al libro VII tra gli autori *qui de machinationibus scriperunt*, lo stesso Vitruvio cita: Diade, Archita, Archimede, Ctesibio, Ninfodoro, Filone di Bisanzio, Difilo, Democle, Carias, Polydos Pirro, Agesistrato (7, praef., 14).

guerra ma rappresentano in senso ampio la *machinatio* vitruviana in tutti i suoi aspetti e usi, civili e militari.

## 7. L'umanesimo matematico, le macchine e il codice memetico del Ducato di Urbino

Le macchine di pietra del Palazzo Ducale di Urbino rappresentano, per così dire, il suo codice memetico, il suo DNA culturale. Nel corso del Rinascimento l'umanesimo matematico nato alla corte del duca Federico si sviluppò a Urbino grazie ad un protagonista del rinascimento che portava, non a caso, il nome del Duca.

Nel corso della sua vita Federico Commandino (1506-1575) ebbe l'opportunità di studiare e compiere ricerche sotto il *patronage* di importanti famiglie del Rinascimento, come i Farnese e i Della Rovere e ciò gli consentì di accedere ai fondi manoscritti di preziose biblioteche, oltre che di mantenere uno stretto contatto con gli ambienti umanistici più raffinati del XVI secolo.<sup>34</sup> Il rinascimento della matematica antica al quale Commandino diede un contributo fondamentale si concretizzò nell'edizione a stampa di opere fondamentali per la rivoluzione scientifica del XVII secolo. Lo studioso urbinato, infatti, pubblicò e commentò i lavori - per menzionare solo i più importanti - di Archimede (1558, 1565), Tolomeo (1558, 1562), Apollonio (1566), Euclide (1572, 1575) e Pappo (postumo 1588)<sup>35</sup>.

Grazie all'infaticabile lavoro di comprensione e restituzione dei testi di Euclide, Archimede, Apollonio e Pappo, svolto dallo studioso urbinato matematici e scienziati dell'età moderna poterono usufruire di testi rigorosamente tradotti dal greco nella lingua latina della repubblica delle scienze, e corredati da commenti puntuali che fornivano una preziosa rete di rinvii interni alle opere e da un'opera all'altra<sup>36</sup>. La nuova matematica e la nuova scienza poggiano su fondamenta antiche ed è proprio sulle edizioni di Commandino che venne costruita una parte dell'edificio della nuova matematica e della nuova scienza.

A partire dall'opera di Pappo (1588) la scuola di Urbino sviluppò soprattutto le tematiche meccaniche. Nel libro VIII delle *Mathematicae*

---

<sup>34</sup> Napolitani (2000, 35-58).

<sup>35</sup> Cfr. Ciocci (2018 237-270); Ciocci (2021a, 205-230); Ciocci (2021b, 65-94), Ciocci (2022, 129-151).

<sup>36</sup> Napolitani (2000, 51).

*collectiones* infatti il matematico di Alessandria tratta delle macchine semplici e complesse (la leva, il cuneo, la vite, il piano inclinato, argani e carrucole). La seconda generazione dei matematici di Urbino, Guidobaldo del Monte e Bernardino Baldi in particolare, spostarono l'asse culturale dei loro interessi dal recupero e dallo studio della matematica antica a quello della meccanica. Di questo orientamento meccanico della Scuola di Urbino, già avviato peraltro dal *Mechanicorum liber* (1577) di Guidobaldo del Monte<sup>37</sup>, sono testimoni l'edizione degli *Automata* di Erone curata da Baldi (1589), le sue *Exercitationes* sui problemi meccanici dello pseudo-Aristotele<sup>38</sup>.

L'interesse per le macchine e in particolare per le opere di Erone, cominciato a partire dall'edizione della versione latina degli *Pneumatica*, pubblicata dal suo genero Valerio Spaccioli nel 1575<sup>39</sup>, è del resto un tratto comune della prima generazione degli allievi di Commandino. Se ne trovano tracce, oltre che nelle opere di Guidobaldo del Monte e di Bernardino Baldi<sup>40</sup>, anche nella cartella 4 della busta 121 della BUU

---

<sup>37</sup> Guidobaldo del Monte, 1577. L'opera fu anche tradotta in volgare da Filippo Pigafetta: *Le Mechaniche dell'illustriss. Sig. Guido Ubaldo de' Marchesi del Monte tradotte in volgare dal sig. Filippo Pigafetta*, in Venetia, appresso Francesco dei Franceschi sanese, 1581. La disciplina principale di Guidobaldo è nonostante i suoi poliedrici interessi che vanno dalla prospettiva (Guidobaldo del Monte, 1600) all'astronomia (Guidobaldo del Monte, 1579; 1609), proprio la meccanica, come si evince anche soltanto dal titolo delle sue opere a stampa (Guidobaldo del Monte 1588; 1615) e manoscritte. Ci limitiamo a ricordare le *Meditatiunculae Guidi Ubaldi e Marchionibus Montis S. Mariae de rebus mathematicis*, in BNP, supp.lat., n°. 1058. Cfr. Frank (2001, pp. 93-95, pp. 353-365); Frank (2022), Becchi, Bertoloni Meli e Gamba (2013).

<sup>38</sup> L'edizione delle *Exercitationes* è postuma e risale al 1621. La composizione dell'opera tuttavia risale agli anni che precedono il 1592. Cfr. Baldi (2011).

<sup>39</sup> La traduzione volgare dal greco degli *Automati*, di cui si conserva l'autografo nel Ms. Ashburnham 1525 della Biblioteca Laurenziana di Firenze, è da collegarsi con il lavoro svolto da Commandino con gli *Spirituali*. Lo stesso Baldi nel discorso introduttivo alla traduzione dell'opera di Erone afferma: «Così de le *Spirituali* come di queste scrisse Erone, e non è molto che Federico Commandino tradusse le *Spirituali* in latino e le illustrò di figure. Quelli poi che il medesimo Herone scrisse de le *Semoventi* se ne vengono fuori da le tenebre de l'antichità illustrati et illuminati da noi; essendo stati essortati et inanimati a farlo dal medesimo Commandino», Erone (1589, 9r).

<sup>40</sup> L'interesse di Baldi per le macchine risale al periodo di frequentazione con Commandino. Durante il suo soggiorno padovano dal 1573 e 1573 Margunio gli procurò il manoscritto greco dell'opera di Erone sulle macchine da guerra, come egli stesso afferma nell'opera poi pubblicata postuma nel 1616 (Erone, 1616, p. 73). Il manoscritto autografo di Baldi in cui è conservata la versione latina della *Belopoeica* di Erone è il Latin 10280, ff. 2-30v della BNF di Parigi. Sul posto della *Mechanica* nelle discipline matematiche cfr Gamba e Montebelli, (1988, 70-81).

dove restano frammenti (ff. 155r-156v) della traduzione volgare dell'*incipit* degli *Pneumatica (Spirituali)*, curata da Alessandro Giorgi, con la collaborazione di Valerio Spaccioli e pubblicata a stampa nel 1592<sup>41</sup>.

Gli sviluppi dell'umanesimo matematico di Commandino furono pertanto inequivocabilmente indirizzati verso la meccanica, quasi a voler portare a compimento un progetto culturale ideato un secolo prima da Federico da Montefeltro e raffigurato nelle 72 formelle che rappresentano il codice memetico di Urbino nel Rinascimento.

## Bibliografia

Alberti, L.B., 1847, *De statua*, in *Opere volgari*, Firenze, Bonussi, vol. IV, p. 180.

Alberti, L.B., 1966, *Opere volgari di L.B. Alberti*, Firenze 1843, vol. IV. Cfr. L.B. Alberti, *De re aedificatoria*, edizione e traduzione a cura di G. Orlandi, con introduzione di P. Portoghesi, voll. 2, Milano, Il Polifilo.

Ancona, C., 1973, *Milizie e condottieri*, in *Storia d'Italia*, vol. IV, t. I, Torino, Einaudi.

Aristoteles, 1473, *De caelo et mundo cum commentariis Averrois*, Patavii, L. Canozius de Lendinaria.

Baldi, B., 2011, *In Mechanica Aristotelis problemata exercitationes*, a cura di Elio Nenci, Edition Open Access, Max Plank Research Library for the History and Development of Knowledge, Sources 4, Berlin.

Becchi, A., Bertoloni Meli, D. e Gamba, E. (eds), 2013, *Guidobaldo del Monte (1545-1607). Theory and Practice of Mathematical Disciplines from Urbino to Europe*, «Proceedings» 4, Berlin, Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge, 2013.

Bernardoni, A., 2009, «Le artiglierie come oggetto di riflessione scientifica degli ingegneri del Rinascimento», in *Oggetti di Scienza*, a cura di Federica Favino, «Quaderni Storici», A. 44, fasc. 1, n. 130, pp. 35-65.

Bernardoni, A., 2014, «La fusione delle artiglierie tra Medioevo e Rinascimento: cronaca di un rinnovamento tecnologico attraverso i manoscritti di Leonardo», in *Cromohs*, vol. 19.

---

<sup>41</sup> Erone (1592). La traduzione volgare si basa sull'edizione latina di Commandino: Erone (1575).

- Bernini Pezzini, G., 1985, *Galleria delle Marche. Il fregio della guerra nel Palazzo ducale di Urbino. Catalogo dei rilievi*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Boas, M., 1973, *Il Rinascimento scientifico (1450-1630)*, tr. it., Milano, Feltrinelli.
- Bruschi, A., (a cura di), 1978, *Scritti rinascimentali di architettura*, Milano, Il Polifilo.
- Ciocci, A., 2009, *Luca Pacioli tra Piero della Francesca e Leonardo, Sansepolcro*, Aboca Museum.
- Ciocci, A., 2018, «I manoscritti urbinati di Federico Commandino: ricognizione delle buste 120 e 121 della Biblioteca Universitaria di Urbino», in *Bollettino di Storia delle Scienze Matematiche*, Anno XXXVIII, 2, p. 237-270.
- Ciocci, A., 2021, «Federico Commandino e le Spirali di Archimede», in *Bollettino di Storia delle Scienze Matematiche*, vol. Anno XLI, 2, pp. 205-230;
- Ciocci, A., 2021, «Federico Commandino filologo e matematico. L'edizione del De analemmate di Tolomeo», in *Galilaeana*, XVIII, pp. 65-94.
- Ciocci, A., 2022, «Federico Commandino and the Latin Edition of Pappus' Collection», in *Archive for History of Exact Sciences*, Volume 76, issue 2, March 2022, pp. 129-151.
- D'Onofrio, G., 2001, «La scala ricamata. La "Philosophiae divisio" di Severino Boezio, tra essere e conoscere», in G. D'Onofrio (a cura di), *La divisione della filosofia e le sue ragioni*, Cava de' Tirreni, Avagliano Editore.
- Daly Davis. M., 1996, «Luca Pacioli, Piero della Francesca, Leonardo da Vinci: tra "proporzionalità" e "prospettiva" nella *Divina proporzione*» in *Piero della Francesca tra arte e scienza*, Atti del Convegno Internazionale (Arezzo-Sansepolcro) 1992, a cura di M. Dalai Emiliani e V. Curzi, Venezia, pp. 355-362.
- Erone, 1575, *Heronis Alexandrini Spiritalium liber. A Federico Commandino Urbinatē, ex graeco nuper in latinum conversus*. Apud Aegidium Gorbinum.
- Erone, 1589, *Di Herone Alessandrino De gli Automati, overo Machine Semoventi, libri due, tradotti dal greco da Bernardino Baldi Abbate di Guastalla*, Venezia.
- Erone, 1616, *Heronis Ctesibii Belopoeica, hoc est telifactiva, Bernardino Baldi Urbinatē, Guastalae abbate, illustratore et interprete. Item Heronis vita eodem auctore*, Augsburg.
- Erone, 1592, *Spiritali di Herone Alessandrino. Ridotti in lingua volgare da Alessandro Giorgi da Urbino*, In Urbino, Appresso Bartholomeo e Simone Ragusij fratelli.

- Fiore F. P., Cieri Via C., 1997, «Francesco di Giorgio di Martini», in *Dizionario Biografico degli italiani*, Treccani, volume 49, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana.
- Fiore, F.P. (a cura di), 2004, *Francesco di Giorgio alla corte di Federico da Montefeltro*, Atti del convegno internazionale di studi, Urbino, Monastero di Santa Chiara 11-13 ottobre 2001, Firenze, Olschki.
- Fiore, F.P. e Tafuri, M., (a cura di), 1993, *Francesco di Giorgio architetto*, Ed. Electa, Milano.
- Francesco di Giorgio Martini, 1979, *Trattato di architettura: il codice di Ashburnham 361 della Biblioteca Medicea Laurenziana di Firenze*, a cura di P.C. Marani, Firenze, Giunti.
- Francesco di Giorgio Martini, 2002, *Studi per il V centenario della morte di Francesco di Giorgio Martini (1501-2001)*, Bollettino della Società di Studi Fiorentini, 11, Firenze, Alinea.
- Frank, M., 2001, *Guidobaldo dal Monte's Mechanics in Context A Research on the Connections between his Mechanical Work and his Biography and Environment*, Ph. D Thesis.
- Frank, M., 2022, *L'Epistolario Di Guidobaldo Dal Monte, (1545-1607)*. Edizione critica con Introduzione e Appendice documentaria a cura di Martin Frank. Con una Prefazione di Enrico Giusti, Urbino, Accademia Raffaello.
- Gadol, J., 1967, *Leon Battista Alberti. Universal Men of the Early Renaissance*, Chicago and London.
- Galluzzi, P., (a cura di), 1996, *Gli ingegneri del Rinascimento. Da Brunelleschi a Leonardo da Vinci*, Firenze, Giunti.
- Galluzzi, P., 2005, *Machinae pictae. Immagine e idea della macchina negli artisti-ingegneri del Rinascimento in Machina*, Atti del XI Colloquio Internazionale del Lessico Intellettuale Europeo (Roma 2001), a cura di M. Veneziani, Firenze, pp. 241-272.
- Gamba E., e Montebelli, V., 1988, *Le Scienze a Urbino nel Tardo Rinascimento*, Urbino, Quattroventi.
- Gille, B., 1972, *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*, tr. it., Milano, Feltrinelli.
- Gozza, P., (a cura di), 1988, *La musica musica nella Rivoluzione scientifica*, Bologna, Il Mulino.
- Guidobaldo del Monte, 1577, *Mechanicorum liber*, Pesaro.

- Guidobaldo del Monte, 1579, *Planisphaeriorum universalium theorica*, Pisauri, Girolamo Concordia.
- Guidobaldo del Monte, 1588, *In duos Archimedis Aequponderantium libros paraphrasis*, Pesaro.
- Guidobaldo del Monte, 1600, *Perspectivae libri sex*, Pisauri, Girolamo Concordia.
- Guidobaldo del Monte, 1609, *Problematum astronomicum libri septem*, apud Bernardum Iuntam, Io. Baptistam Ciottum & socios.
- Guidobaldo del Monte, 1615, *Guidi Ubaldi e Marchionibus Montis de Coclea libri quattuor*, Venezia.
- Karvouni, M., 1994, *Il ruolo della matematica nel "De re aedificatoria" dell'Alberti*, in J. Rykwert e A. Engel (a cura di), *Leon Battista Alberti*, Milano, Electa.
- Kuhn, T.S., 1985, *Tradizioni matematiche e tradizioni sperimentali*, in *La tensione essenziale*, tr. it., Torino, Einaudi.
- Molari, L. e Molari, P.G., 2006, *Il trionfo dell'ingegneria nel fregio del palazzo ducale d'Urbino*, Edizioni ETS, Pisa.
- Mallett, M., 1995, *Il condottiero*, in E. Garin (a cura di), *L'uomo del Rinascimento*, Bari, Laterza, pp. 45-72.
- Mallett, M., 1983, *Signori e mercenari: la guerra nell'Italia del Rinascimento*, tr. it. Bologna, Il Mulino.
- Marsden, E.W., 1971, *Greek and Roman artillery: Technical treatises*, Oxford.
- Napolitani, P.D., 2000, «Federico Commandino e l'Umanesimo matematico», in *Quaderni del Consiglio Regionale delle Marche*, pp. 35-58.
- Obertello, L., 1989, *Boezio e dintorni. Ricerche sulla cultura altomedievale*, Firenze, Nardini.
- Pacioli, L., 1494, *Summa de arithmetica geometria proportioni et proportionalita*, Venezia, Paganini.
- Pacioli, L., 1523, *Summa de arithmetica geometria proportioni et proportionalita*, Venezia, Paganini.
- Pacioli, L., 1982, *Divina proportione*, rist. anastatica del manoscritto ambrosiano (ed. Fontes Ambrosiani XXXI) a cura di A. Marinoni, Milano.

- Palisca, C.V., 1985, *Humanism in Italian Renaissance Musical Thought*, New Haven and London, Yale University Press.
- Perugini, R., 1998, «Gli “Elementi” di Euclide tra scienza, filosofia ed architettura», in W. Tega (a cura di), *Le origini della modernità. Volume I. Linguaggi e saperi tra XV e XVI secolo*, Firenze, Olschki, pp. 103-122.
- Philons Mechanik, 1920, *Exzerpte aus Philons Mechanik* B. VII und VIII (H. Diels, E. Schramm eds.), in *Abhand. Der Preussischen Akad. D. Wissenschaften, philohist. Kl. Nr. 12*, Berlin.
- Piero della Francesca, 1984, *De prospectiva pingendi*, a cura di G. Nicco Fasola, Firenze.
- Vitruvio, 1997, *De architectura*, a cura di P. Gros, Torino, Einaudi.
- Walker, D.P., 1985, *Music, Spirit and Language in the Renaissance*, London.
- Wittkower, R., 1994, *Principi architettonici nell'età dell'Umanesimo*, tr. it., Torino, Einaudi.

