

# Ingegno e disegno: l'iconografia delle macchine e i metodi di rappresentazione

Filippo Camerota  
Museo Galileo, Istituto e Museo di Storia della Scienza, Firenze  
f.camerota@museogalileo.it

«Ritengo che il disegno sia necessario a tutte le scienze»  
Francesco di Giorgio Martini

Il codice Magliabechiano dei *Trattati di architettura* di Francesco di Giorgio Martini contiene una digressione sul disegno di grande rilevanza per capire il cambiamento in atto nel XV secolo sulle modalità della comunicazione scientifica e tecnologica.

Sono per molti tempi stati dignissimi autori i quali hanno diffusamente descritto dell'arte dell'architettura e di molti edifizii e macchine, quelli con carattere e lettere dimostrando e non per figurato disegno, et in tali modi hanno esplicato li concetti della mente loro; e per benché ad essi compositori li paia molto largamente tale opare sicondo la mente loro avere illucidate, pure noi vediamo che sono rari quelli lettori che per non avere disegno intendere possono.<sup>1</sup>

Tra gli autori a cui allude Francesco - che credettero di aver sufficientemente illustrato il loro pensiero con la sola scrittura, senza il disegno - c'era certamente Vitruvio il cui trattato di architettura e macchine era stato trasmesso dai copisti senza l'apparato iconografico.

---

<sup>1</sup> Francesco di Giorgio Martini (1967, II, 489-490), si cfr. con *Trattati...*, BNCF, Magl. II.I.141, Sesto trattato, *Parti e forme dei porti*.

Ma c'era forse anche Leon Battista Alberti che scrisse tutti i suoi trattati senza alcuna illustrazione, nella convinzione umanistica che la parola fosse sufficiente a esprimere i concetti della mente. Il problema segnalato da Francesco è che la parola scritta induce a immaginare, e «andando dietro alla immaginativa ciascuno fa varie composizioni che sono tal volta più differenti dal vero e da la prima intenzione che dalla chiara luce la tenebrosa notte, e per questo reca ai lettori non piccola confusione». Allo scopo di fugare ogni possibile interpretazione erronea era quindi necessario unire «con la scrittura el disegno», legando «il segno col significato», in modo che «ogni oscurità sarebbe tolta via».

Ma sono molti speculativi ingegni che per loro solerzia hanno molte cose invente e dell'altre antiche come di nuovo ritrovate quelle descrivendo, e per non avere el disegno sono difficilissime ad intendere, perché siccome noi vediamo sono molti che hanno la dottrina e non hanno l'ingegno, e molti dotati d'ingegno e non di dottrina, e molti hanno la dottrina e lo ingegno e non hanno el disegno. Onde conviene, se questi vogliono per disegno altre scritture alcune cose dimostrare, bisogno che ad un esperto pittore lo dia a intendere. Ma è difficilissimo e gran penura ha lo autore overo inventore imprimare nella mente d'altri quello che lui manifesto coll'intelletto apertamente vede, e massime per dimostrare ad un medesimo tempo le cose estrinseche e intrinseche e anco occulte [...] adunque iudico el disegno essere in questo necessario a qualunque altra scienza si sia.

Ricorrere all'aiuto di un pittore era una soluzione possibile ma non del tutto risolutiva perché spesso non si trattava di copiare un oggetto dal vero, bensì di illustrare un concetto che albergava nella mente dell'inventore il quale, a sua volta, lo immaginava in modo non sempre compatibile con la rappresentazione pittorica. Le raffigurazioni incongruenti dal punto di vista prospettico che spesso vediamo nei trattati medievali di poliorcetica avevano un senso compiuto nella mente dell'ingegnere e rispondevano meglio alla sua immaginazione perché mostravano quello che era necessario far vedere, le cose esterne e quelle interne di un dato oggetto, o le cose nascoste alla vista. Queste caratteristiche della rappresentazione che Francesco di Giorgio sottolinea con molta efficacia, appartengono a un linguaggio che i pittori avrebbero acquisito e perfezionato nel corso del Quattrocento grazie alla codificazione delle regole del disegno: non solo la prospettiva ma anche le proiezioni ortogonali che pur essendo utilizzate dagli architetti fin dall'antichità non seguivano ancora modalità grafiche convenzionali. Questo perché il disegno era soprattutto uno strumento

progettuale che serviva principalmente ad affinare le idee la cui trasmissione nei cantieri avveniva attraverso le istruzioni impartite direttamente da chi le aveva concepite. La necessità del disegno come strumento di comunicazione che avvertiamo nelle parole di Francesco di Giorgio implicava uno sforzo ulteriore per far in modo che il linguaggio grafico fosse utile non solo a chi concepiva l'idea ma anche a chi doveva realizzarla, dando forma, dimensione e materia a ciò che altri avevano solo immaginato. Il modo migliore di trasmettere le idee pertanto non era servirsi di chi sapeva disegnare ma appropriarsi delle regole del disegno affinché la forma immaginata e quella costruita fossero del tutto coincidenti. Il disegno doveva cioè esprimersi attraverso l'ingegno e la «dottrina», o cultura, di chi attraverso il linguaggio grafico trasmetteva il frutto delle proprie idee.

Così sentenziava anche Leon Battista Alberti che pur non usando il disegno ne riconosceva la necessità pratica e concettuale: «Il disegno sarà un tracciato preciso e uniforme, concepito nella mente [...] e condotto a compimento da persona dotata di ingegno e di cultura»<sup>2</sup>. Per poter essere usato come strumento di comunicazione, e quindi essere compreso dagli altri, il disegno doveva necessariamente seguire le modalità di qualsiasi linguaggio, ovvero adeguarsi all'applicazione di regole condivise. Senza un linguaggio grafico condiviso «saper leggere un disegno» – come spiega Antonio Averlino nel suo trattato di architettura – «è più difficile che disegnare», e pur essendovi molti «buoni maestri di disegno [...] se tu gli chiedi con quale regola hanno disegnato un tale edificio [...] non te lo sapranno dire»<sup>3</sup>. La straordinaria opera di codificazione delle regole del disegno intrapresa in questi anni da Piero della Francesca con il *De prospectiva pingendi* è la risposta più eloquente a questa esigenza comune di artisti, architetti, tecnici e ingegneri.

Rispetto alla tradizione antica e medievale, il rapporto tra testo e immagine nei trattati di macchine si era ribaltato. Non era più il disegno che andava a illustrare il testo ma la scrittura che andava a completare le informazioni fornite dall'apparato iconografico. Splendide illustrazioni affollano i trattati di Guido da Vigevano, Conrad Keyser e Giovanni Fontana, fino a diventare preponderanti nell'opera di Mariano di Jacopo detto il Taccola che fu la principale fonte di riferimento di molte invenzioni tecnologiche illustrate da Francesco di

---

<sup>2</sup> Alberti (1966, vol. I, 20).

<sup>3</sup> Averlino (1972, I, 157-158).

Giorgio<sup>4</sup>. L'*Opusculum de architectura* che Francesco compose appena entrato al servizio di Federico da Montefeltro è sintomatico di questo nuovo atteggiamento verso il potere delle immagini<sup>5</sup>. Il codice è una raccolta di disegni di macchine senza alcun commento scritto, fatta eccezione per la lettera dedicatoria in cui Francesco si presenta al Duca di Urbino come un nuovo Dinocrate, o un nuovo Vitruvio, come un architetto cioè capace delle più ardite invenzioni tecnologiche. Le pagine di questo codice sono la principale fonte iconografica dell'inedito libro di pietra scolpito qualche anno dopo da Ambrogio Barocci a decorazione del postergale del sedile del Palazzo Ducale di Urbino: le 72 formelle dell'arte della guerra che celebravano pubblicamente le virtù del principe guerriero (Fig. 1). Il Duca di Urbino era però anche un grande umanista e le formelle si configuravano pertanto come un trattato ideale di invenzioni meccaniche, un compendio di immagini derivate da alcuni dei più preziosi codici della biblioteca ducale. Oltre ai disegni dell'*Opusculum*, sono riconoscibili immagini tratte dal *De re militari* di Roberto Valturio e dal *De ingeneis* di Mariano di Jacopo (Fig. 2).

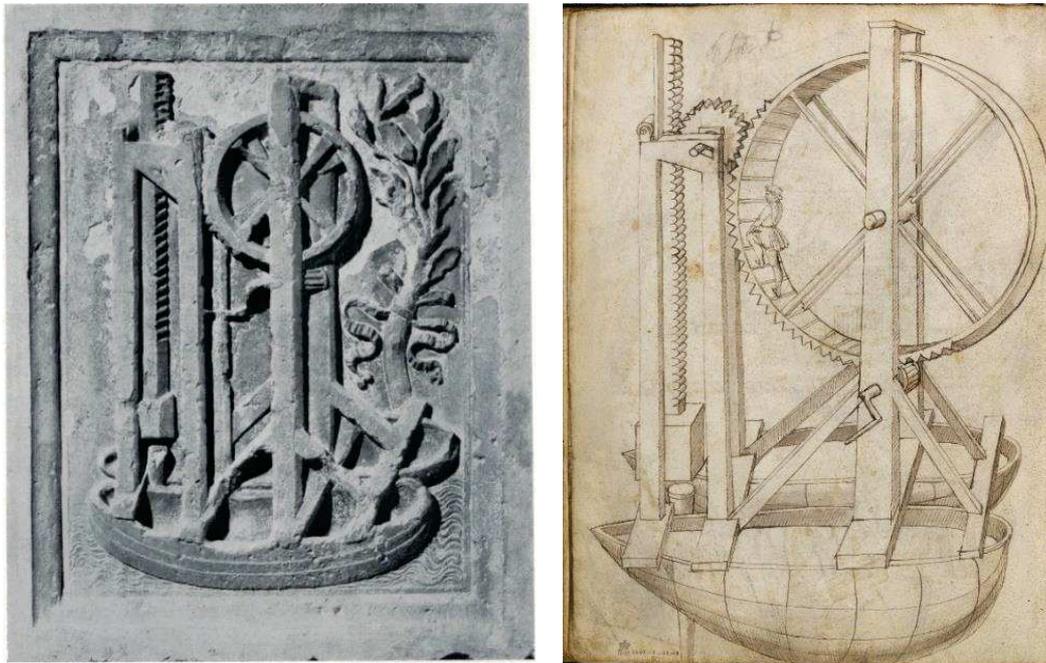


Fig. 1 Formella raffigurante un battipalo azionato da una ruota calcatoria [in Bernini Pezzini (1985, 209)], da Francesco di Giorgio Martini, *Opusculum de architectura*, ms., c. 1475-1478, Londra, British Museum, Ms. 197.b.21, c. 48v

<sup>4</sup> Galluzzi (1996).

<sup>5</sup> Ms. 197.b.21, British Museum, Londra.



Fig. 2 Formella raffigurante una “macchina araba” da guerra [in Bernini Pezzini (1985, 85)], da Roberto Valturio, *De re militari*, Verona 1483, Lib. X, c. 163v, Biblioteca Oliveriana Pesaro

A fare del disegno il più efficace strumento di comunicazione fu certamente Leonardo, grazie anche a una perizia grafica impareggiabile che gli permise di visualizzare perfino i dettagli meccanici più complessi e articolati. In alcuni casi le parole erano perfino superflue. Nel disegnare la macchina del corpo umano, ad esempio, elaborando uno dei suoi più complessi disegni anatomici, l'artista diventa protagonista e sentenzia in modo inequivocabile la superiorità del disegno rispetto alla scrittura: «Ma io ti ricordo che tu non t'impacci colle parole [...] perché sarai superato di gran lunga dall'opera del pittore»<sup>6</sup>. Un buon disegno era in grado di mostrare il funzionamento delle macchine più complesse, spogliate del loro involucro per rivelare gli articolati meccanismi interni: «e tali strumenti si figureranno in gran parte senza le loro armature o altra cosa che avessi a impedire l'occhio di quello che le studia»<sup>7</sup>. Private delle loro armature, così come il corpo umano della pelle che lo riveste, le macchine si configurano come un insieme articolato di elementi, macchine semplici di cui Leonardo avrebbe voluto trattare in uno dei suoi libri mai venuti alla luce: il trattato di

<sup>6</sup> Windsor, Royal Library, K/P 162 r.

<sup>7</sup> Codice di Madrid I, f. 82 r.

*Elementi machinali*. Quest'opera avrebbe dovuto comprendere una sezione teorica e una applicativa. Nella prima sarebbero stati illustrati temi come la duplicazione del cubo, la teoria dei centri di gravità, la teoria della leva, la teoria del piano inclinato, e la teoria delle quattro 'potenze' naturali: moto, peso, forza e percussione. Nella seconda, invece, avrebbero trovato posto i prodotti dell'ingegno meccanico, dove i principi teorici prendevano forma. La leva trovava applicazione, ad esempio, nelle macchine per il ribaltamento delle scale degli assalitori. La vite era applicata a macchine per la conduzione delle acque o, in campo militare, a sistemi di caricamento di gigantesche balestre con scatto a leva (CA 149r). La ruota dentata era applicata alle macchine per il sollevamento dei pesi, agli orologi meccanici, e ai carri falcati che Leonardo disegna sulla scorta di Francesco di Giorgio, Valturio e Guido da Vigevano. La ruota calcatoria, infine, la troviamo applicata alle macchine da costruzione e alla macchina da guerra per l'azionamento a ripetizione di grandi balestre (CA 1070r).

Il fascino dell'invenzione in molti casi prende il sopravvento. Leonardo si lascia trasportare dalle idee e dalle potenzialità dell'ingegno e, pur consapevole dei limiti reali della loro realizzazione, disegna prodigiose invenzioni: carri armati, schioppetti multipli a ripetizione, cannoni a vapore, sottomarini e sistemi di respirazione subacquea, macchine volanti e paracadute, grandi sifoni per condurre le acque sui monti, abbandonandosi alla visualizzazione di sogni tecnologici che altri ingegneri prima di lui avevano illustrato e che alcuni ingegni senza disegno, invece, avevano solo potuto descrivere: «Gli strumenti per navigare – scriveva Ruggero Bacon nel XIII secolo – possono essere fatti [...] in modo tale che grandissime navi fluviali e marine siano condotte da un unico pilota con maggiore velocità che se fossero piene di rematori. Si possono fare anche carri che si muovono senza animali con inestimabile impeto, come erano forse i carri falcati con cui si combatteva nel tempo antico. Si possono anche costruire strumenti per volare, tali che l'uomo, sedendo al centro dello strumento e movendo qualche congegno, faccia sì che ali artificiosamente composte percuotano l'aria, al modo di un uccello che vola [...] conosco bene un sapiente che escogitò questo artificio».<sup>8</sup>

Il disegno rendeva queste invenzioni credibili e sebbene i disegni di Leonardo non abbiano avuto la diffusione necessaria a fare scuola, a lui si devono alcune delle più efficaci rappresentazioni di macchine. Le

---

<sup>8</sup> Bacon (1945, cap. IV, 29-30).

vedute prospettiche erano spesso ‘sceneggiate’ per mostrare il lavoro compiuto dalla macchina. Le figure che azionano il grande argano per il sollevamento dei cannoni in un vivace disegno della Royal Library (RL 12647) mostrano le dimensioni della macchina e al tempo stesso le parti mobili che la compongono (Fig. 3). La prospettiva non era però sempre il metodo più adatto a mostrare gli elementi meccanici, o almeno non lo era quando lo scorcio era troppo forzato, risultando bello dal punto di vista pittorico ma poco funzionale per l’illustrazione meccanica. La soluzione stava nell’adozione di una distanza di osservazione maggiore di quella raccomandata dai precetti dei pittori. Allontanando il punto di vista, la prospettiva diventava meno accelerata, le linee recedenti in profondità meno convergenti, e tanto più vicine al parallelismo quanto più il punto di vista si immaginava lontano. Questa condizione non era naturale ma l’artificio del disegno permetteva di metterla in atto e mostrare la macchina secondo una modalità grafica che oggi è nota come assonometria. Questo permetteva, ad esempio, di scomporre gli elementi della macchina e mostrarli separati ma allineati su un asse comune con lo stesso scorcio prospettico, come nei moderni esplosi assonometrici, rendendoli dunque riconoscibili anche nelle dimensioni, come nella scomposizione di una doppia ruota dentata raffigurata nel Codice Atlantico (CA 30v) (Fig. 4). Oppure di illustrare elementi della stessa dimensione a distanze diverse senza alterare la loro grandezza apparente, come nella macchina trafilatrice del medesimo codice (CA 10r).

Questo metodo di rappresentazione era solitamente usato dai matematici che fin dall’antichità lo adottarono per visualizzare la tridimensionalità dei corpi geometrici senza alterare la forma o le dimensioni delle facce che li compongono. Il cubo, ad esempio, si rappresentava con un quadrato e due parallelogrammi adiacenti a due lati contigui, in modo da non alterare la condizione di parallelismo delle facce opposte<sup>9</sup>. Si trattava però di una consuetudine grafica che non implicava un principio proiettivo e consentiva perlopiù di illustrare i corpi semplici, come il cilindro, il cono o la piramide. I poliedri più complessi, i cosiddetti corpi regolari, rappresentavano un problema che Piero della Francesca superò magistralmente immaginandoli inscritti in un cubo. Allo stesso modo in cui qualsiasi figura piana poteva essere

---

<sup>9</sup> Cfr, ad esempio, le belle raffigurazioni di cubi e parallelogrammi nel codice greco degli *Elementi* di Euclide (XIII, 17), IX secolo, Biblioteca Apostolica Vaticana, Cod. Vat. Gr. 190, f. 245r.

disegnata in prospettiva immaginandola inscritta o contenuta in un quadrato – così leggiamo nel *De prospectiva pingendi* – ogni corpo poteva essere rappresentato in prospettiva o in prospettiva senza scorcio (assonometria) inscrivendolo in un cubo. Piero ne indica il procedimento nel *Libellus de quinque corporibus regularibus*, limitandosi al caso dei cinque corpi regolari, uno dei quali era appunto il cubo o esaedro. Una volta disegnato il cubo in forma assonometrica, gli altri quattro poliedri – tetraedro, ottaedro, dodecaedro e icosaedro – si potevano ottenere tracciando i punti di contatto dei loro vertici con le facce del cubo e unendo successivamente i vertici per visualizzare gli spigoli, sia quelli visibili che quelli nascosti (Fig. 5).

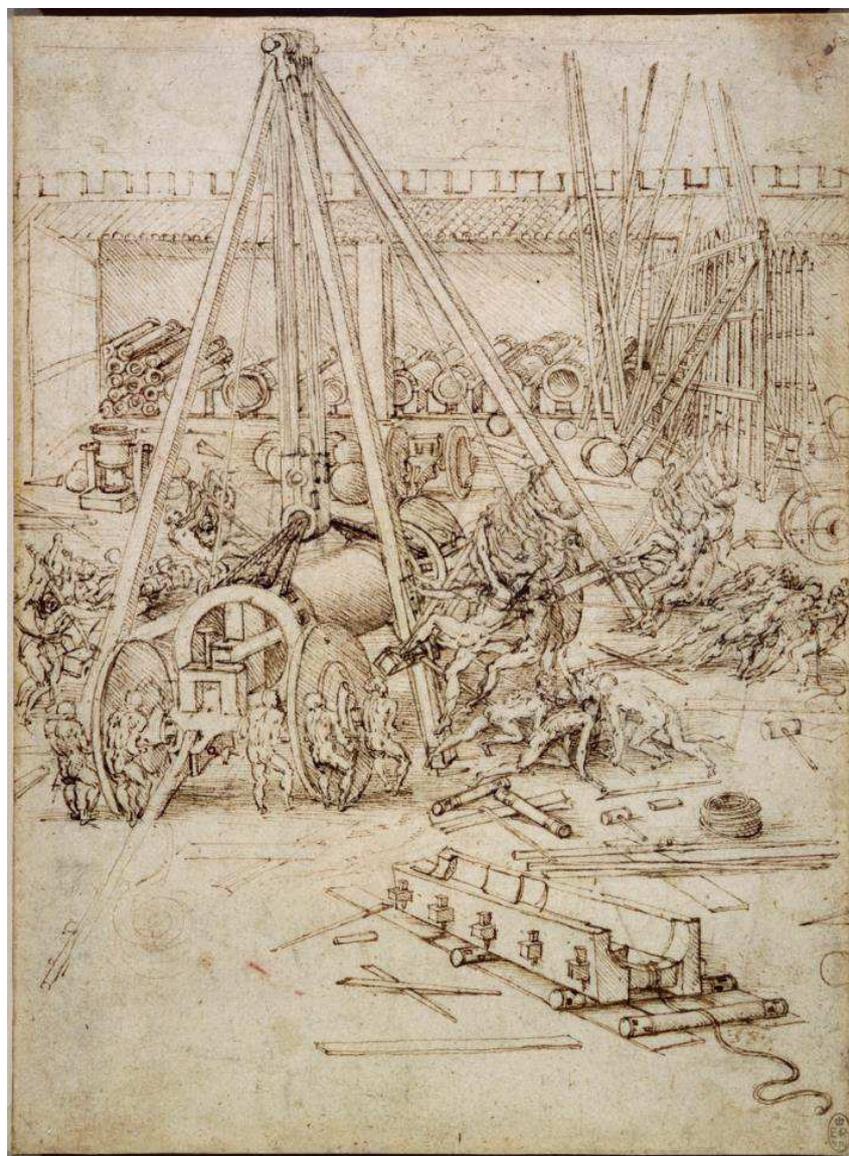


Fig. 3 Leonardo da Vinci, *Argano per il sollevamento di un cannone*, Windsor Castle, Royal Library, RL 12647, facsimile

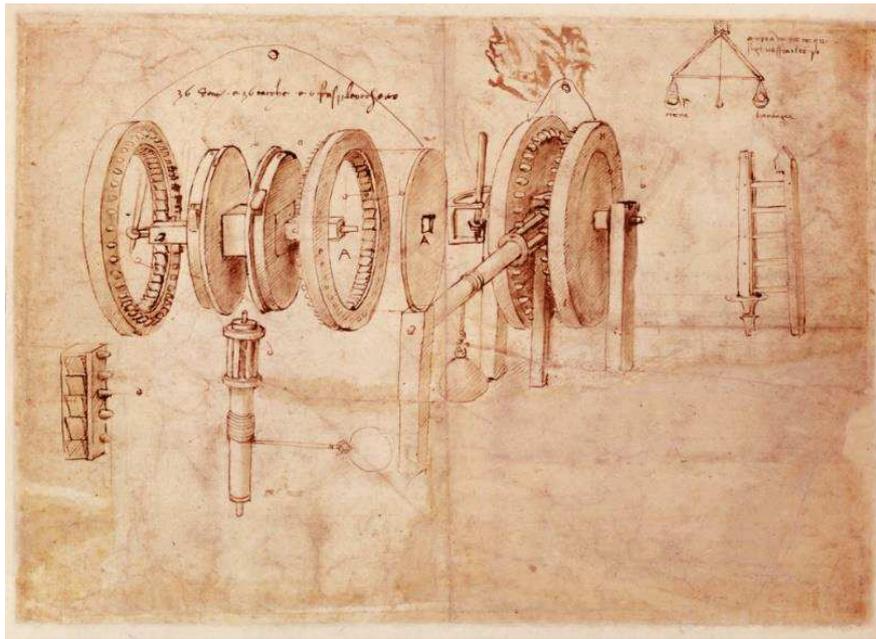


Fig. 4 Leonardo da Vinci, *Doppia ruota dentata assemblata e esplosa*, Milano, Biblioteca Ambrosiana, Codice Atlantico, f. 30v, facsimile

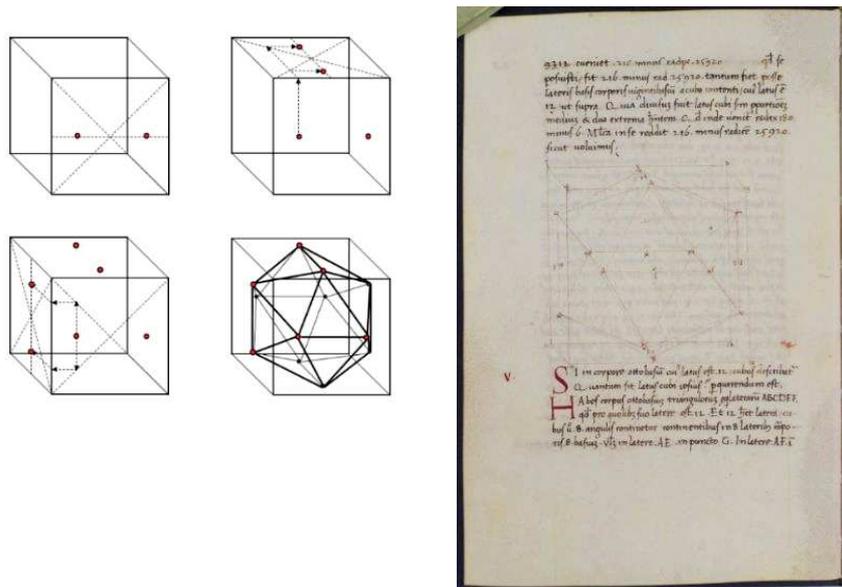


Fig. 5 Ricostruzione del metodo adottato da Piero per disegnare un icosaedro nel *Libellus de quinque corporibus regularibus*, Città del Vaticano, Biblioteca Apostolica Vaticana, Cod. Vat. Urb. Lat. 632, c. 40v (ricostruzione a cura di F. Camerota). Le dimensioni dei lati in scorcio assometrico sono state aumentate per agevolare la leggibilità del procedimento grafico

La codificazione delle regole del disegno cui Piero della Francesca contribuì in modo esemplare soprattutto con il *De prospectiva pingendi*, permise di superare le difficoltà e le convenzioni grafiche medievali ancora largamente presenti nei trattati degli ingegneri del Quattrocento.

Guido da Vigevano, Giovanni Fontana, ma lo stesso Valturio, utilizzavano un linguaggio grafico ancora fortemente legato agli schemi grafici della tradizione poliorcetica: artificiose combinazioni di pianta e alzato derivate dalla tradizione araba, prospettive ‘inverse’ per mostrare almeno quattro lati di una macchina cubica, e molto spesso prospettive parallele di tipo assonometrico (Fig. 6). Nel tempo fu proprio il disegno assonometrico a rivelarsi il metodo di rappresentazione più adatto al disegno delle macchine ma era necessario affinarne le modalità esecutive e soprattutto i fondamenti teorici. Nel 1529 Geoffroy Tory ne mostrò le qualità metriche, sebbene limitatamente al disegno dei caratteri tipografici (Fig. 7)<sup>10</sup>, e successivamente Jean Cousin lo introdusse tra i metodi di rappresentazione dello scorcio della figura umana.<sup>11</sup> Gli ingegneri militari lo adottarono per il disegno delle fortificazioni mentre gli ingegneri meccanici lo preferirono spesso alla prospettiva pittorica pur ambientando pittoricamente le loro invenzioni in contesti urbani o paesaggistici (Fig. 8)<sup>12</sup>.

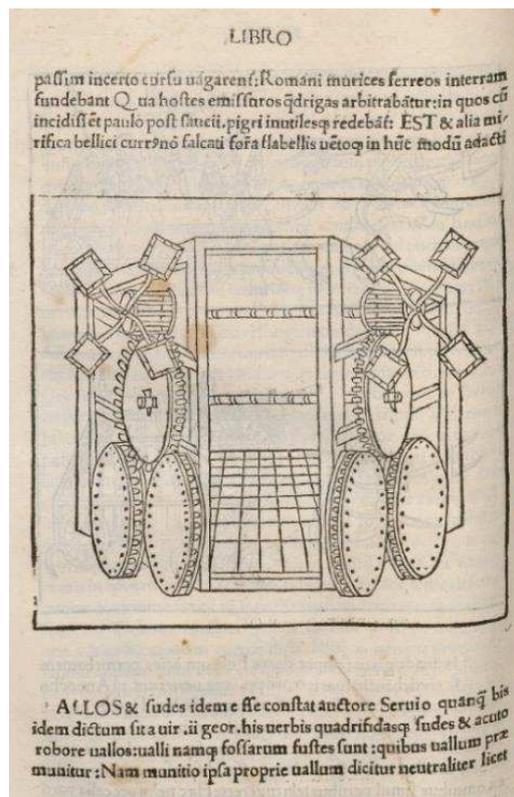


Fig. 6 Roberto Valturio, *De re militari*, Verona 1483, Lib. X, c. 159v: carro a vento, Biblioteca Oliveriana Pesaro

<sup>10</sup> Tory (1529).

<sup>11</sup> Cousin (1571).

<sup>12</sup> Maggi e Castriotto (1564, Lib. II, cap. III, 40); Ramelli (1588).

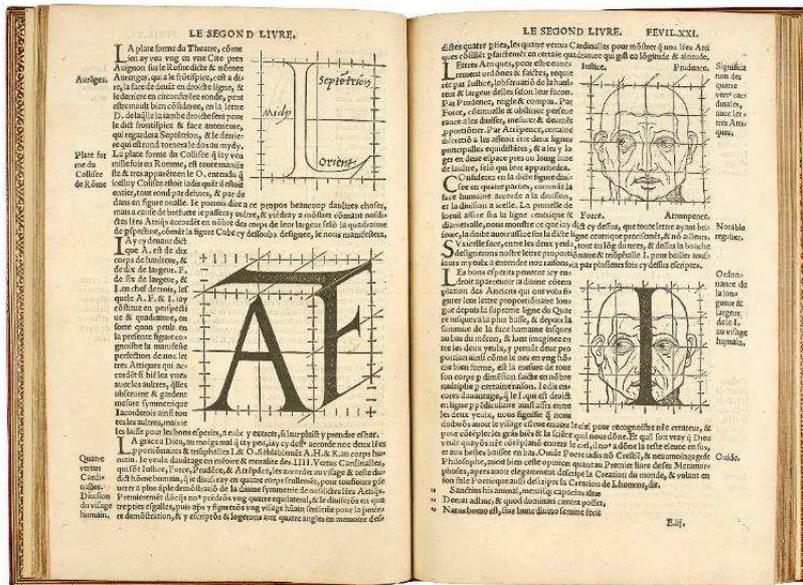


Fig. 7 Geoffroy Tory, *Champfleury*, Paris 1529, livre II, c. 20v, facsimile

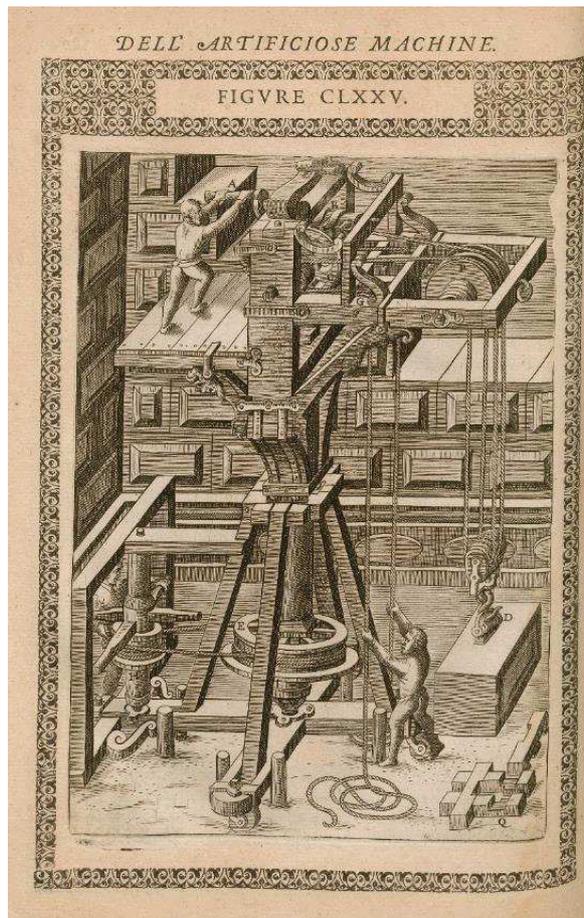


Fig. 8 Agostino Ramelli, *Le diverse et artificiose macchine*, Parigi 1588, Biblioteca Oliveriana Pesaro

Il bisogno di individuare il fondamento proiettivo dei disegni assonometrici nella localizzazione del punto di vista all'infinito emerse gradualmente nella seconda metà del Cinquecento nel contesto dei trattati di astronomia che contemplavano l'uso dell'astrolabio universale. Fu Reiner Gemma Frisius a sostenere per primo il concetto di un occhio vedente situato all'infinito lungo l'asse degli equinozi, giustificando in questo modo l'apparenza dei cerchi paralleli come linee rette<sup>13</sup>. E il concetto fu ulteriormente sostenuto dal suo discepolo, Juan de Rojas Sarmiento<sup>14</sup>. Ma l'idea dell'occhio all'infinito incontrava qualche difficoltà ad essere accettata. Guidobaldo del Monte, ad esempio, la riteneva insostenibile perché l'infinito non è un luogo, e situare l'occhio «in nessun luogo» è cosa che contraddice il concetto di prospettiva: «Da ciò appare quanto riduttive siano le loro parole per spiegare la sua origine [dell'astrolabio universale]. Giovanni De Rojas infatti omise del tutto dove bisognava collocare l'occhio. Gemma Frisio invece stabilisce che l'occhio (ove possibile) venga collocato a distanza infinita, cosa che senz'altro corrisponde a non collocarlo in nessun luogo. A quale condizione è infatti possibile che qualcosa nasca dalla prospettiva se l'occhio si allontana a distanza infinita? Senza dubbio ciò ripugna alla stessa prospettiva».<sup>15</sup> Nei suoi disegni della sfera celeste, di conseguenza, Guidobaldo preferì seguire la lezione di Federico Commandino che aveva metodicamente disegnato i cerchi in scorcio come ellissi (Fig. 9)<sup>16</sup>. Bernardino Baldi non mancò di segnalare questo aspetto e elogiò l'opera di Commandino «per la schiettezza della lingua e per la diligenza delle figure, nelle quali adoperata l'arte della prospettiva evitò quelle bruttezze nelle quali incorrono e incorsero quelli che andarono dietro all'usanza depravata e al costume barbaro»<sup>17</sup>.

Il «costume barbaro» a cui si riferiva Baldi nel caso della sfera celeste era la consuetudine di rappresentare i cerchi in scorcio in forma di fusi. Questa convenzione grafica era stata usata soprattutto dagli Arabi ma continuava ad essere applicata dai cosmografi moderni perché consentiva di visualizzare immediatamente e senza disegnarlo il diametro del cerchio. Guidobaldo del Monte e Commandino furono invece costretti a disegnare il diametro perché la continuità della curva

---

<sup>13</sup> Gemma Frisius (1556, I, 4).

<sup>14</sup> de Rojas Sarmiento (1550).

<sup>15</sup> Del Monte (1579, 141).

<sup>16</sup> Commandino (1562).

<sup>17</sup> Baldi (1998, 518).

ellittica non consentiva di individuare il centro della figura. Ma il disegno prospettico, sebbene meno funzionale, era considerato più bello, e questo era diventato ormai un requisito fondamentale per garantire il successo editoriale dei cosiddetti 'teatri di macchine' che tra il XVI e il XVII secolo avevano affidato alla stampa e alla finezza del bulino la spettacolarizzazione dell'ingegno che Francesco di Giorgio aveva messo in atto nel secolo precedente attraverso le formelle dell'arte della guerra.

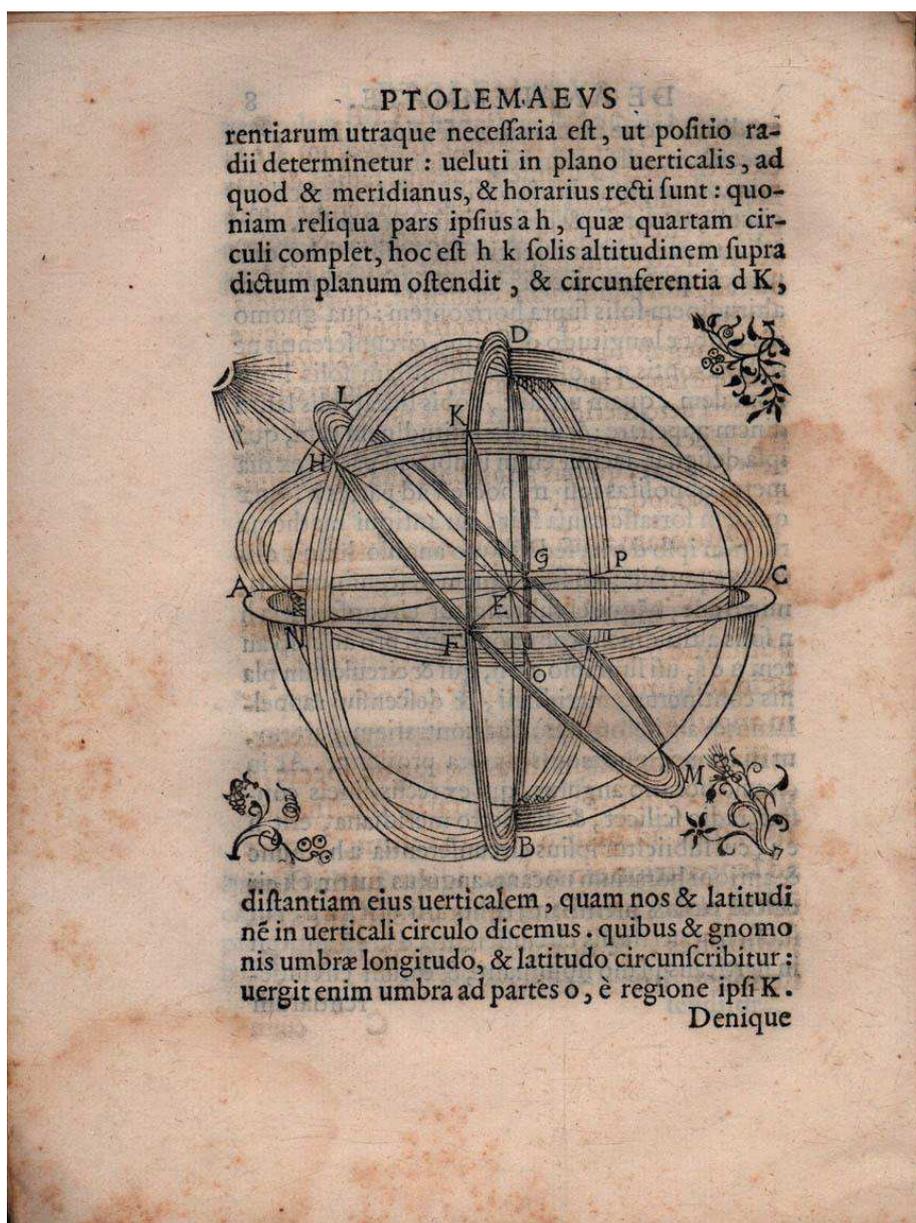


Fig. 9 Federico Commandino, *Claudii Ptolemaei Liber de analemmate*, Roma 1562, c. 8v

## Bibliografia

- Alberti, L. B., 1966, *De re aedificatoria*, Firenze, 1485, I, I; ed. critica a cura di Giovanni Orlandi e Paolo Portoghesi, 2 voll., Milano, Il Polifilo.
- Averlino, A. (detto il Filerete), 1972, *Trattato di architettura*, a cura di Anna Maria Finoli e Liliana Grassi, 2 voll., Milano, Il Polifilo.
- Bacone, R., 1945, *De secretis operibus artis et naturae*, cap. IV; cfr. *I segreti dell'arte e della natura e confutazione della magia [...] secondo l'edizione critica antica di Giovanni Dee*, Milano, Spartaco Giovene.
- Baldi, B., 1998, *Le vite de' matematici. Edizione annotata e commentata della parte medievale e rinascimentale*, ed. Elio Nenci, Milano, Franco Angeli.
- Bernini Pezzini, G., 1985, *Il fregio dell'arte della guerra nel palazzo ducale di Urbino. Catalogo dei rilievi*, Galleria nazionale delle Marche, Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.
- Commandino, F., 1562, *Claudii Ptolemaei liber de analemmate*, Roma.
- Cousin, J., 1571, *La Vraye science de la portraicture*, Parigi.
- Del Monte, G., 1579, *Planisphaeriorum Universalium Theoricae*, Pesaro.
- Francesco di Giorgio Martini, 1967, *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, a cura di Corrado Maltese, 2 voll., Milano, Il Polifilo.
- Galluzzi, G., 1996, *Gli ingegneri del Rinascimento da Brunelleschi a Leonardo da Vinci*, catalogo della mostra, Firenze, Giunti.
- Gemma Frisius, R., 1556, *De astrolabo catholico*, Anversa.
- Maggi, G. e Castriotto, J., 1564, *Della Fortificatione della Città... libri tre*, Venezia.
- Ramelli, A., 1588, *Le diverse et artificiose macchine*, Parigi.
- Rojas Sarmiento, J. de, 1550, *Commentariorum in astrolabium*, Parigi.
- Tory, G., 1529, *Champfleury*, Parigi.