

MECCANICA E MACCHINE NELLA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA FRA MEDIOEVO E RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

Emilio Chirone, Danilo Cambiagli

Università di Brescia, emilio.chirone@unibs.it

Abstract

The transfer of the information by images, the possibility of graphical translation of the phenomena, the use of the pictures of devices for advertising purpose, that are part of the daily experience of our time, arise and develop until to codified forms in the centuries between the '300 and the '700. The paper aims at explaining this course with appropriate exemplification, being emphasized the essential passages and the connections among the various fields of use.

Sommario

La trasmissione delle informazioni attraverso le immagini, la possibilità di traduzione grafica dei fenomeni, l'utilizzo della raffigurazione dei manufatti a scopo promozionale, che sono parte della esperienza quotidiana del nostro tempo, nei secoli compresi fra il '300 ed il '700 hanno avuto origine e si sono sviluppate fino a forme codificate..

La relazione intende illustrare questo percorso con le opportune esemplificazioni, sottolineando i passaggi essenziali ed i collegamenti fra i diversi settori di impiego.

1. Premessa

“Non solo li [*impianti e attrezzature*] ho descritti, ma ho anche assunto illustratori per raffigurarne le forme, temendo che le descrizioni affidate solo alle parole potrebbero sia risultare incomprensibili ai nostri contemporanei sia causare difficoltà ai posteri”¹

Nel notissimo trattato di metallurgia dell' Agricola, a metà del XVI secolo, il disegno è quindi visto come elemento essenziale per la comprensione di forma e funzionamento delle macchine, ad autorevole conferma del detto “un disegno val più di mille parole” . Il che risulta particolarmente gratificante per chi pone il disegno alla base della propria attività professionale.

La questione non è però così semplice.

Da un lato la comprensione del significato di un disegno, appena si superi lo stadio della raffigurazione realistica, implica un livello di conoscenza di regole e codici ignoti a gran parte degli osservatori, dall'altra non sempre la rappresentazione è

¹ “*De re metallica*” di Georgius Agricola, Basilea, 1556 (ed. a cura di H.Hoover, Londra, 1912)

sviluppata tenendo conto delle esigenze di chiarezza e precisione necessarie per una corretta informazione. (Fig.1)

Si può anche rilevare che alla generale evoluzione della società in campo tecnico e scientifico corrisponde uno sviluppo sia delle tecniche di rappresentazione sia dei settori di applicazione e può perciò essere interessante una ricognizione su come, nel corso del tempo, siano andati modificandosi l'aspetto dei disegni ed il loro uso.

Già ad un primo approccio l'argomento si presenta però di una vastità impressionante, con risvolti in settori diversi da quelli della semplice rappresentazione, pur con tutte le implicazioni ad essa collegate, e s'impone la necessità di limitare il campo di indagine, sottolineando ancora che questi argomenti hanno trovato un notevole sviluppo nell'area dell'architettura e dell'ingegneria civile, dove l'attenzione agli aspetti storici è nettamente superiore a quella loro riservata nell'area dell'ingegneria industriale. In quest'ultima, infatti, solo negli ultimi anni si è verificato un blando interesse verso la storia della tecnica, nella quale il disegno costituisce da un lato un'indispensabile documentazione e dall'altro è oggetto di specifico



Figura 1: una ruota idraulica aziona un mantice (Taccola, ca. 1450)

studio. Per doverosa precisione, più che all'ingegneria industriale, fino al XIX secolo ci si deve riferire all'ingegneria meccanica ed al disegno di macchine (motrici od operatrici).

Riconosciuto quindi il giusto primato per ampiezza di studi alla storia del disegno d'architettura e di conseguenza la necessità in molte occasioni di fare ad essi riferimento, per evitare ripetizioni o, peggio, un approccio banale e superficiale ad argomenti già ampiamente sviscerati, rimane la possibilità di sviluppare aspetti più legati alla meccanica.

2. Disegni tecnici

Fra gli studiosi, qualunque sia il settore di riferimento, è parere unanime che si possa parlare di "disegni tecnici" solo a partire dal XII secolo.[1] Bisogna però innanzi tutto intendersi sul significato di disegno tecnico, la cui definizione oscilla fra la finalità della rappresentazione (disegno fatto allo scopo di fornire dati e informazioni che consentano la costruzione di un oggetto) e l'oggetto della raffigurazione stessa (tecnico in quanto presenta oggetti appartenenti alla sfera della tecnica).[2]

Se accettiamo solo la prima definizione, il

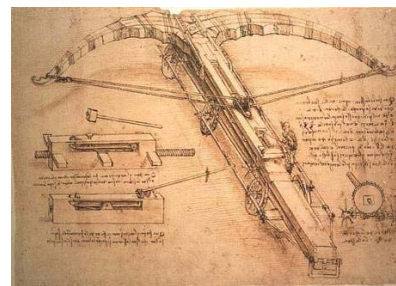


Figura 2: La "grande catapulta" di Leonardo (Cod. Madrid I)

punto di inizio non può essere portato più indietro del XV secolo: anche qui è da discutere se le rappresentazioni di macchine, sia pure con una certa precisione di proporzioni e con alcuni componenti messi in evidenza a parte, possano essere considerate come disegni esecutivi nel senso attuale del termine. (Fig.3)



Figura 3: Ventilatore scomposto nelle sue parti (Agricola, *De re Metallica*, 1556)

Le immagini relative alla tecnica presenti su supporti di vario genere, manoscritti e libri conservati negli archivi e nelle biblioteche di monasteri, edifici pubblici, istituzioni culturali, ma anche pitture o sculture, sono in realtà in numero elevatissimo, ma i disegni definibili come tecnici, nel periodo di circa cinque secoli, possono essere compresi fra i cinque e diecimila, secondo i criteri, più o meno restrittivi, prima enunciati. [3]

Anche a questo proposito sono necessarie alcune considerazioni: si è abituati a considerare

come disegno esecutivo, quindi direttamente trasformabile nell'oggetto raffigurato, quello del particolare, completo di quote (tolleranze comprese) ed indicazioni di lavorazione, che consente la realizzazione del manufatto senza necessità di contatto diretto fra ideatore ed esecutore. Nei disegni più antichi la sostanziale imprecisione o carenza di informazioni presenti fa pensare che l'esecuzione avvenisse direttamente per mano del progettista (artigiano) o sotto una sua costante supervisione. Il disegno non avrebbe in tal caso il ruolo di ponte fra ideazione e costruzione effettiva, perché queste funzioni si trovano già concentrate nelle stesse persone o sono presenti contemporaneamente nello stesso ambiente. [4]

Va però letto con particolare attenzione quanto scrive nel 1335 Guido da Vigevano, nei testi di accompagnamento ai disegni (ai nostri occhi piuttosto approssimativi) che illustrano il suo trattato destinato a fornire al re di Francia Filippo VI proposte per macchine belliche, da usare nella prospettiva della crociata in Terrasanta, ². La frase più volte ricorrente "*ut videbitur operanti*", "come sembra [bene] al costruttore" ed addirittura, a proposito del carro semovente di figura 4, "*similiter debent preparari rote posteriores et haec omnia erunt in dispositioni magistri molendinorum qui has rotas sciet concordari*", fa pensare che si affidi direttamente all'esecutore il compito di

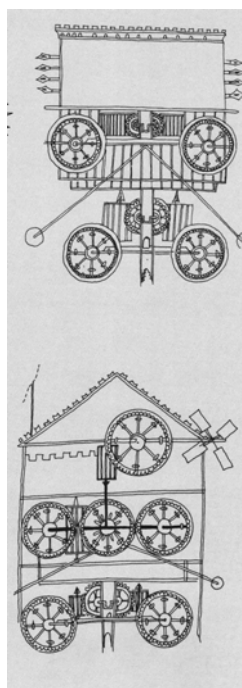


Figura 4: Carri semoventi (da Guido da Vigevano)

² *Le macchine del re. Il Texaurus Regis Francie di Guido da Vigevano*. Vigevano, Diakronia, 1993

rendere funzionale la costruzione, con gli scopi e le modalità descritte nei testi stessi: si vede quindi come i disegni possano essere visti come un'integrazione ad un testo sufficientemente esplicativo di per sé (capovolgendo l'affermazione riportata in premessa) ed un promemoria per un artefice che, sapendo il fatto suo ed in base alla sua esperienza, fosse in grado di realizzare la macchina. Il loro valore come elemento del ciclo di fabbricazione sarebbe quindi superiore a quanto si ricava da una prima impressione

Naturalmente ciò non toglie significato all'osservazione che gli esperti fanno a proposito di questi disegni e di tanti altri, di crescente qualità espressiva, che accompagnano i trattati e culminano dal punto di vista più propriamente figurativo nei "Teatri di macchine" rinascimentali³: trattarsi cioè di disegni essenzialmente "pubblicitari", destinati in pratica ad illustrare le potenzialità dell'autore, come possibile fonte, sia in veste di progettista che di costruttore, per la preparazione di armi di gran novità ed efficacia (funzione particolarmente gradita ai governanti) nonché di apparecchiature utili ad aspetti dell'attività quotidiana (pompe, mulini, macchine per l'industria tessile o la metallurgia in genere). (Fig.5) [5]

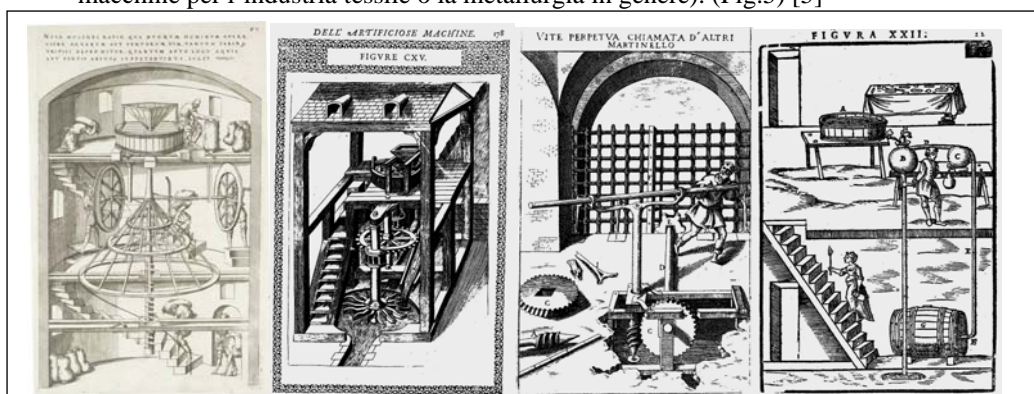


Figura 5: Quattro immagini tratte dai più noti "Teatri di Macchine" intorno al XVI secolo: autori, da sinistra, Jacques Besson (1569), Agostino Ramelli (1588), Vittorio Zonca (1607), Giovanni Branca (1629)

Non ci si ferma ulteriormente su questi aspetti, ampiamente illustrati dal Maccagni, in un saggio introduttivo per la mostra di Udine del 1986, che ha segnato l'inizio dell'attenzione del settore del Disegno di Macchine italiano anche alle sue radici storiche.[6]

Si vuole soltanto tentare una sintesi del percorso che il disegno tecnico compie nel periodo che precede la rivoluzione industriale. Con quest'ultima infatti il disegno tecnico cambia funzioni ed anche aspetto, assumendo sostanzialmente le

³ Per i "Teatri di Macchine" esistono numerose trattazioni critiche e soprattutto molte ristampe, anastatiche e non, complete o parziali, proprio perché, grazie alla qualità estetica delle illustrazioni, superano l'interesse dei cultori di storia della tecnica, per inserirsi in un percorso storico ed anche artistico più generale. Si ritrova quanto già altre volte rilevato per Leonardo, ed anche Francesco di Giorgio, i cui disegni tecnici hanno destato interesse e si sono conservati per via della notorietà degli autori principalmente come artisti.

caratteristiche attuali, salvo l'evoluzione delle tecniche e delle norme di rappresentazione, a partire dall'elaborazione geometrica di Monge, che dà un supporto scientifico e razionale a metodologie di rappresentazione in uso fin dall'antichità.[7]

Lungo il periodo preso in esame si riescono ad individuare alcuni elementi generali, sostanzialmente riconducibili a quattro:

- capacità del disegno di supportare la divisione delle competenze e di conservare nel tempo informazioni su forme, relazioni ed utilizzo di elementi costruttivi;
- superamento dei confini della bottega artigiana e dell'apprendistato locale, con disegni miranti ad illustrare nuove tecnologie od invenzioni per le quali non era possibile basarsi solo sull'esperienza;
- documentazione idonea a sviluppare interessi più vasti possibile sulle possibilità di realizzare innovazioni utili per la società mediante macchine e meccanismi;
- supporto della modellizzazione matematico-geometrica per lo studio ed lo sviluppo delle conoscenze scientifiche



Figura 6: Un disegno "scientifico", con la posizione di vene di minerale nel terreno

Dopo brevi richiami sugli aspetti generali del disegno del periodo, si propongono qui alcune osservazioni relative all'ultimo punto.

Va rilevato che molte figure in questo periodo si collocano in una posizione intermedia fra il disegno tecnico, inteso come rappresentazione finalizzata a scopi realizzativi, e la illustrazione scientifica, tesa ad una rappresentazione che metta nella migliore evidenza eventuali aspetti oggetto di studio.

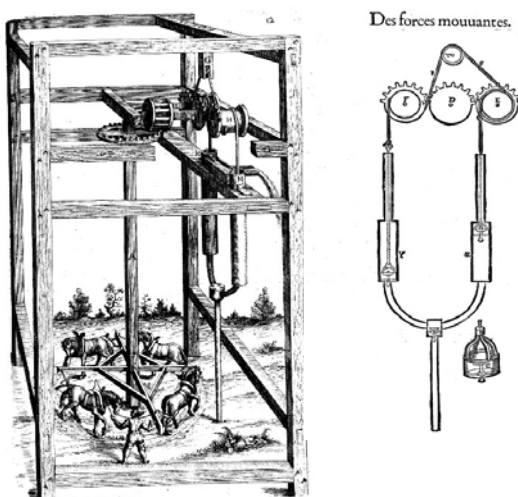


Fig. 7: A destra la riduzione a schema di un meccanismo già illustrato in forma "pittorica" a sinistra (De Caus, 1615)

A questo proposito sono esemplificativa la figura 6, ancora da Agricola, e la figura 7, da De Caus ⁴: in particolare in questa è evidente che la figura che presenta la macchina in modo facilmente comprensibile non è ritenuta idonea per un ragionamento in cui si valutino le forze e le relazioni dirette fra i componenti.

3. Il disegno per la scienza meccanica

Il disegno non costituisce allora soltanto uno strumento di elaborazione del progetto ma diviene supporto di un metaprogetto in cui gli elementi geometrici intervengono non in funzione di esigenze di resa figurativa (come nello studio della prospettiva e degli altri metodi di proiezione) ma per la loro idoneità a rappresentare condizioni fisiche.

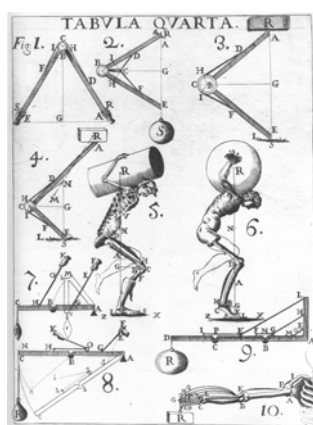


Figura 8: Il corpo umano schematizzato come sistema meccanico (Borelli, 1680)

Il discorso può essere sintetizzato dalla figura 8, tratta dal trattato seicentesco del Borelli, dove il movimento degli animali (e dell'uomo) viene tradotto e schematizzato in raffigurazioni di tipo meccanico.⁵ Analogo esempio, per lo stesso periodo: da Cartesio sono usate rappresentazioni in cui la geometria diviene strumento di interpretazione e studio della fisiologia umana, mentre nell'ambito della spiegazione dei fenomeni fisici i disegni di Cavalieri (fig.9) e di Newton (fig. 10) sono un valido esempio di studi sull'ottica.[8]

Se il disegno costruttivo è considerato, come già detto, un ponte fra l'ideazione e la fabbricazione dei manufatti, in questo caso il passaggio non è fra la teoria e la pratica, ma segue un percorso inverso. In altri termini il passaggio da un disegno illustrativo, attraverso successive semplificazioni, ad una rappresentazione schematica, è il passaggio dal modello di un oggetto reale alla modellizzazione degli elementi

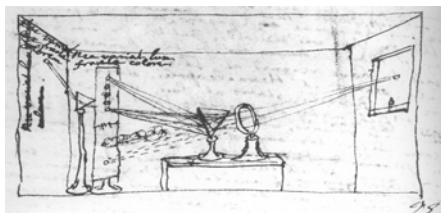


Figura 10: Geometria della diffrazione (Newton, 1670 ca.)

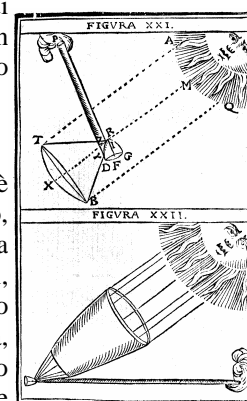


Figura 9: da Cavalieri, 1632

modellizzazione degli elementi essenziali, giungendo ad un'astrazione che consente la generalizzazione su basi matematiche.

La possibilità di esprimere le relazioni fra i vari elementi e anche i fenomeni fisici mediante costruzioni basate sulla

⁴ Salomon de Caus, "Les raisons des forces mouuantes avec diverses machines", Frankfurt, 1615

⁵ G.A.Borelli, "De motu animalium", 1680

geometria costituisce cioè un potente strumento di elaborazione, valutazione e spiegazione dei fenomeni.

E' possibile perciò estrarre dalle conoscenze pratiche, acquisite con l'esperienza e di cui i disegni forniscono la documentazione, l'elaborazione di principi teorici di validità generale, superando lo stadio di *meccanico* per elevarsi a livello di *filosofo*, secondo una gerarchia di valori che affonda le radici nell'antichità classica e prosegue nei secoli in cui, pure in presenza di macchine anche complicate, rimaneva una netta distinzione fra artigiani pratici e pensatori speculativi.

E' indicativo a questo proposito il brano iniziale dell'opera di Galileo dedicata alla meccanica ⁶, in cui si dice:

“Largo campo di filosofare a gl'intelletti specolativi parmi che porga la frequente pratica del famoso arsenale di voi, Signori Veneziani, ed in particolare in quella parte che *meccanica* si domanda; atteso che quivi ogni sorte di strumento e di machina vien continuamente posta da numero grande d'artefici, tra i quali, e per l'osservazioni fatte dai loro antecessori, e per quelle che di propria avvertenza vanno continuamente per se stessi facendo, è forza che ve ne siano de i peritissimi e di finissimo discorso.”

Assume particolare importanza questa posizione galileiana, che forse più di altri aspetti del nostro scienziato, rappresenta una innovazione rivoluzionaria, dando inizio programmatico ad una collaborazione fra teoria e pratica che sta alla base dell'evoluzione scientifica e tecnologica dei secoli successivi.

Tornando alla valutazione e all'utilizzo del disegno come strumento per l'elaborazione scientifica non si può dimenticare il fatto che la geometria, considerata fin dall'antichità una scienza fondamentale nell'interpretazione della natura, [9], è interamente connessa al disegno. Riga e compasso sono strumenti per la geometria ed anche strumenti fondamentali per il disegno: può quindi sembrare strano occuparsi del disegno come nuovo strumento per la scienza visto che lo è *ab antiquo*: il fatto è che tutte le figure che accompagnano i trattati di geometria degli antichi autori risalgono al periodo che stiamo percorrendo.

Già Nicola Oresme, a metà del XIV secolo, forse in anticipo sui tempi, aveva posto la rappresentazione grafica a sostegno delle considerazioni teoriche. Nel “*Tractatus de configurationibus qualitatum et motum*” in cui pone le basi di quello che poi sarà, più di due secoli dopo, il sistema di coordinate cartesiane, scrive:

“ le proprietà di questa [grandezza] saranno esaminate più chiaramente e più facilmentedisegnate in una figura piana,rese chiare da un esempio visibile.....poiché l'immaginazione delle figure aiuta grandemente la conoscenza....”⁷

Non sembra allora fuori luogo rifarsi ad una lettera del Cigoli proprio a Galileo, in cui, nel 1611, scrive

“ ...un matematico, sia grande quanto si vuole, trovandosi senza disegno, sia non solo un mezzo matematico, ma ancho un uomo senza occhi.”⁸

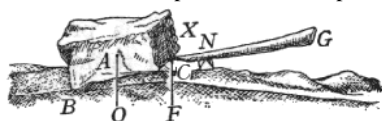


Figura 11: una rappresentazione della leva in Galileo, con l'inserimento nel disegno di riferimenti idonei allo sviluppo della trattazione teorica

⁶ Galileo Galilei, “*Discorsi e dimostrazioni intorno a due nuove scienze*”, Leida, 1638

⁷ in A. Costé, “*L'œuvre scientifique de Nicole Oresme*”, Bull.Soc.Hist. de Lisieux, 37, 1997

⁸ ripreso da una nota del rif. bibl. [7]

e ritrovare nello stesso Galileo disegni che accompagnano il testo e che da una raffigurazione naturalistica passano ad una sovrapposizione sulla stessa di elementi che conducono infine allo schema utilizzato come base per lo sviluppo dei calcoli. (Figure 11, 12, 13)

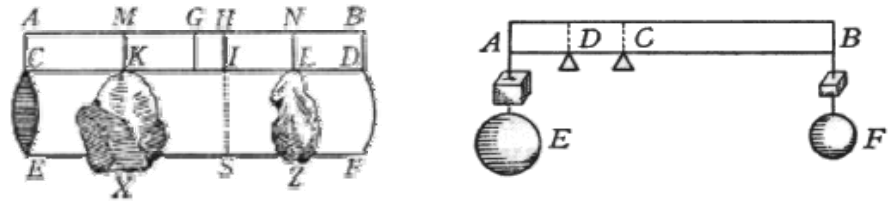
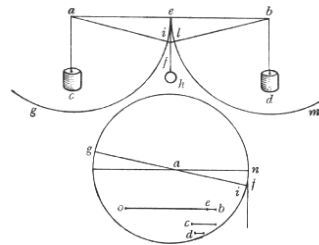


Figura 12: Altre due illustrazioni di Galileo (da “Le meccaniche”, 1649 , a sinistra, e da “Discorsidue nuove scienze”, cit, a destra)

E' chiaro che potremmo trovare qui anche le origini di quella “Statica grafica”, associata ai corsi di Meccanica Razionale, croce e delizia per tanti anni degli allievi ingegneri ed ora messa in disparte dall'evoluzione degli strumenti di calcolo numerico.

Restando nel periodo iniziale degli studi di meccanica, ma tornando indietro di qualche decennio, si incontra un altro documento di un autore che merita attenzione e di cui riportiamo l'introduzione:



dimostra la qualita similitudine, & proportionalita di transiti loro

Figura 13: Lo sviluppo di considerazioni geometriche partendo dalla figura risulta evidente in questa illustrazione (da “Discorsi.....”, cit.)

“Inventione di Nicolo Tartaglia Brisciano intitolata Scientia noua divisa in 5. libri:

nel Primo di quali se dimostra theoreticamente: la natura: & effetti de corpi egualmente graui: in li dui contrarij moti che in essi puo accadere: et de lor contrarij effetti. E in lo secondo (geometricamente) se approua, e dimostra la qualita similitudine, & proportionalita di transiti loro secondo li uarij modi, che puono esser eietti, ouer tirati uiolentemente per aere, & similmente delle lor distantie.

E in lo terzo se insegna una noua pratica de misurare con l'aspetto, le altezze distanti e ypothumissale, & orizzontale delle cose apparente, giontoui

anchora la theorica, cioe la ragione & causa di tal operare. “⁹

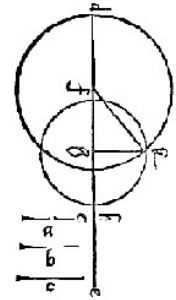


Figura 14: da “Euclide...” del Tartaglia

⁹ Nicolò Tartaglia, “Nova Scientia”, Venezia, 1537

e poi ancora:

“mi fu adimandato..... dil modo de mettere a segno un pezzo de artiglieria al piu che puo tirare. E a benche in tal arte io non hauesse pratica alcuna (per che in uero ... giamai discargheti artiglieria, archibuso, bombarda, ne schioppo) niente di meno ... i promisi di darli in breue rissoluta risposta. Et di poi che hebbi ben masticata & ruminata tal materia, gli conclusi, & dimostrai con ragioni naturale, & geometriche, qualmente bisognaua che la bocca dil pezo stesse elleuata talmente che guardasse rettamente a .45. gradi sopra a l'orizzonte, & che per far tal cosa ispedientemente bisogna hauere una squara de alcun metallo ouer legno sodo che habbia interchiuso un quadrante con lo suo perpendicolo come di sotto appar in disegno” (cfr. Fig. 15)

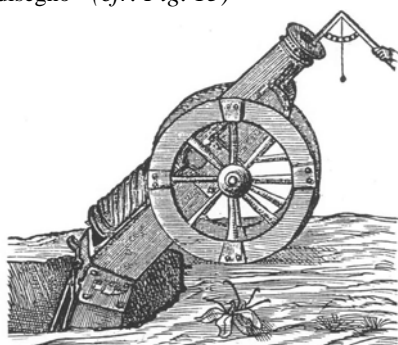


Figura 15: la squadra di Tartaglia per l'allineamento del cannone

E' chiaro l'atteggiamento dell'autore nei confronti dell'elaborazione teorica che si accompagna all'esperienza pratica: con l'elaborazione geometrica delle conoscenze si pone in una posizione che ne fa uno degli iniziatori della rivoluzione scientifica che ha poi il più noto esponente in Galileo.

Ma è anche da porre in evidenza un'altra importante considerazione: ci troviamo di fronte ad un vero ingegnere, che coniuga le esperienze pratiche con l'elaborazione teorica, applicando e sviluppando le conoscenze scientifiche disponibili ¹⁰.

3. Considerazioni finali

L'uso del disegno è elemento caratterizzante dell'attività ingegneristica, documentato dal XVI secolo (ma forse presente anche in precedenza), come supporto e spiegazione non solo dei progetti ma anche degli aspetti teorici della meccanica. Valgano come ulteriore esempio le figure 16 e 17.

Va tuttavia riconosciuto che a livello di strumento per lo studio di proprietà e caratteristiche la rappresentazione grafica ha certamente dei limiti quando si vogliono approfondire aspetti che richiedono elaborazioni matematiche più avanzate.

Alla fine del XVIII secolo, alle soglie della rivoluzione industriale che darà anche maggior peso alla professionalità dell'ingegnere, aprendo

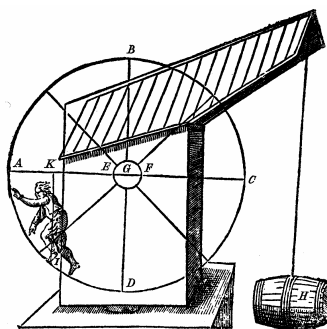


Figura 16: Studio delle forze agenti in una gru (Stevino, 1681)

¹⁰ Lo stesso Tartaglia pubblicherà qualche anno dopo la prima traduzione in italiano degli *Elementi* di Euclide con un importante commento (ed è fra i testi su cui si forma Galileo)

un testo fondamentale per la stessa Meccanica ¹¹, possiamo allora leggervi, nelle righe introduttive:

“Non si troveranno assolutamente figure in quest’opera. I metodi che espongo non richiedono né costruzioni, né ragionamenti geometrici o meccanici, ma solamente delle operazioni algebriche.....”

E ciò per i cultori del disegno non sarebbe certamente gratificante !

Se però si legge con particolare attenzione, si trova che viene riconfermata una stretta associazione fra “figure” e “ragionamenti meccanici”, che si ricollega a quanto esposto in queste note che, come in altre occasioni, ci si augura possano sollecitare interesse e studi più ampi e approfonditi.

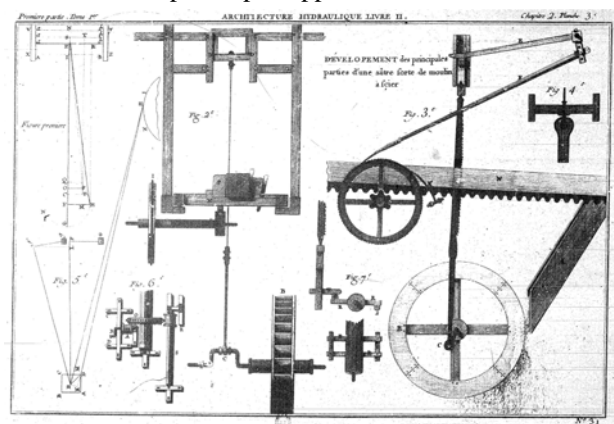


Figura 17: Dalla “Architecture Hydraulique” del Belidor, uno dei testi fondamentali dell’ingegneria settecentesca, una tavola in cui compaiono diversi aspetti della rappresentazione grafica

Riferimenti bibliografici

- [1] Recht, R., “Le dessin d’architecture”, Paris, 1995 [trad.it.”Il disegno d’architettura”, Milano, Jaca, 2001]
- [2] Chirone E., Tornincasa S., “Disegno Tecnico Industriale”, vol. I, Torino, Il Capitello, 1996, 2006²
- [3] Lefevre, W.(ed.), “Picturing Machines”, Cambridge, MIT Press, 2004
- [4] Chirone E., Colosi G. :” Alcune note sull’evoluzione del disegno meccanico ”, Atti Meeting “Disegno Industriale e applicazioni”, p. 613-644, Bari, 1984
- [5] Marchis, V., “Storia delle macchine”, Bari, Laterza, 2005²
- [6] Maccagni, C., “Il disegno di macchine dal Medioevo al Rinascimento”, in “Disegni di Macchine”, Catalogo della Mostra, Udine, 1986
- [7] Chirone E., Cambiaghi D., Villa V...: “Uno sguardo sul passato del Disegno Tecnico, pensando al futuro”, Proc. Congresso XVII INGEGRAF-XV ADM, Sevilla, 2005
- [8] Robin, H., “The Scientific Image”, New York, Oxford U.P., 1992
- [9] Heilbronn, J.L, “Geometry Civilized”, Oxford, Clarendon,1998
- [10]Rovida,E., “Dallo scalpello al mouse”, Torino, Paravia, 1999
- [11]Curti, O., “Visione e realtà”. Milano, Rizzoli, 1989

¹¹ J.L. Lagrange, “Mecanique Analytique”, Paris, 1788