

Cesare S. Maffioli, *La via delle acque (1500-1700). Appropriazione delle arti e trasformazione delle matematiche*, Firenze, Olschki, 2010, pp. XXI-394.

Per molti anni il lettore italiano ha atteso una edizione italiana di *Out of Galileo*, il bel libro sulla scienza delle acque fra '600 e '700 edito da Cesare Maffioli in inglese nel 1994; invece di ripercorrere la strada che porta dalle intuizioni galileiane allo sviluppo della fisica dei fluidi, Maffioli con questo suo nuovo libro è andato a ritroso nel '500, per chiarire la genesi di una rivoluzione del pensiero che assume ora una fisionomia molto più chiara, e in parte inaspettata. Proseguendo una linea di indagine già presentata nel 2002 a un convegno su *Cardano e la tradizione dei saperi*, Maffioli ritrova nel medico milanese della metà del '500 l'origine di una elaborazione teorica che comprende poi Castelli e Guglielmini, con sullo sfondo Leonardo, Galileo e molti altri personaggi del mondo delle arti e della scienza; la linea d'indagine Cardano-Castelli-Guglielmini è funzionale infatti allo svilupparsi di una «via delle acque»: l'idraulica fluviale come campo di elezione per la metamorfosi delle matematiche applicate in una nuova filosofia.

Sullo sfondo del libro vi è un filo rosso che affianca costantemente la cultura umanistica ai progetti di sviluppo economico e di pianificazione

territoriale, attraverso il quale nelle città e negli stati italiani emerge una burocrazia tecnica. Attraverso la gestione delle acque, matura infatti nell'Italia comunale del centro-nord un «movimento di innovazione tecnica e di sviluppo economico e civile» (p. 27). La nuova élite intellettuale proviene dai ceti urbani e punta a soppiantare le vecchie élite religiose e di corte, cercando di guadagnare il consenso del principe e della città come avevano fatto Archimede a Siracusa, o Euclide ad Alessandria, seguendo una «via regia», un rapporto diretto tra scienziati e potere politico. Il legame col mondo civile riemerge costantemente dai richiami alla responsabilità sociale della scienza, al suo «pubblico vantaggio», al suo essere impresa collettiva inasimilabile al principio di autorità della filosofia delle scuole, e prodotto di una posizione *super partes* appunto in quanto finalizzata alla *pubblica utilità*. Una posizione tanto più significativa se consideriamo il secolare contenzioso, apparentemente senza sbocchi, tra spinte alla «restaurazione idraulica» di parte ferrarese e il velleitarismo riformatore barberiniano nella controversia sulle acque del Reno impaludate nella pianura tra Ferrara e Bologna, che fu per eccellenza il «brodo di coltura dei processi di appropriazione e di trasformazione dei saperi tecnici» dell'idraulica fluviale (p. 332).

Nella Roma dei Barberini l'idraulica diviene un vero e proprio strumento di governo. La pubblicazione nel 1628 del trattato di Castelli è contestuale all'indicazione papale di inalveare il Reno verso il Po grande: Benedetto Castelli viene a Roma come «consulente» della famiglia Barberini, dopo che Maffeo è diventato papa nel 1623, *prima* di assumere la cattedra di matematica alla Sapienza: quando elabora il suo trattato *Della misura delle acque correnti* è ufficialmente solo l'insegnante di matematica di Taddeo Barberini, fratello del cardinal nepote Francesco, che è a sua volta a capo della neo-istituita Congregazione delle acque. La documentazione che si conserva presso l'Archivio di Stato di Roma chiarisce che il sovrano pontefice si serve come tramite di governo della nuova Congregazione, i cui primi prefetti sono appunto i cardinali Francesco e Antonio Barberini; per quanto Urbano VIII si riservasse le decisioni finali sul Reno, questa Congregazione si doveva occupare degli affari di acque di tutto lo Stato ed esplicitamente «di negozi di Ferrara, Bologna, Romagna, e Romagnola». Nel fallimento del progetto pontificio di inalveazione del Reno vi sarebbe una decisiva componente legata allo scenario internazionale che vedeva il papato stretto tra le pressioni di Francia e Spagna, e il fatto che i cardinali filo-spagnoli Ludovisi e Ubaldini, rispettivamente arcivescovo e legato di Bologna, si guadagnarono l'ostilità di Urbano VIII; il sordo risentimento del papa investì la stessa causa bolognese, e comportò nel 1632 la disgrazia politica del fiorentino mons. Ciampoli, protettore di Galileo e Castelli.

Assieme alle arti legate alle acque, molti altri saperi compongono il vivace quadro della città operosa da cui i matematici traggono alimento per le loro idee. Maffioli prende spunto da molte di queste arti: la balistica, la metallurgia degli armieri milanesi, l'arte della pittura come pratica metodologica di schematizzazione e indagine sul mondo naturale. La meccanica dei cosiddetti «maestri d'orologio» era l'arte dell'ingegno che permetteva all'uomo di vincere con la sua debole forza le grandi forze naturali. Nei suoi esiti migliori la nuova fisica meccanica fu la strada per conoscere, imitare, perfezionare la natura delle cose e intervenire sulle situazioni reali «curando secondo natura» un territorio-organismo che si assumeva funzionasse come un grande meccanismo. È nella Milano del '400-'500 che prende le mosse,

con Leonardo e Cardano, la vicenda della nuova scienza delle acque che cerca una spiegazione unitaria e *naturale* anche per i moti *violenti*; ma è il veneziano Benedetti il primo a contrapporre alla filosofia scolastica la matematica antica di Archimede, motivando la resistenza alla caduta dei gravi con la differenza di peso specifico del mezzo. Sullo sfondo del suo ragionamento vi è tutta l'arte della navigazione della Serenissima.

Il medico piacentino Ceredi prende a sua volta come riferimento concreto i canali di adduzione dei mulini lombardi: di fatto, è un esempio della legge di continuità del flusso che egli mostra. Anche il disegno con cui in seguito Castelli descrive geometricamente la legge di continuità rappresenta piuttosto il condotto di un mulino che non l'alveo di un fiume, ed egli stesso dichiara che la sua riflessione parte dall'osservazione dei canali «che portano acque per fare macinare molini». Nella *Misura delle acque correnti* Castelli giunge a rendere «visibile» la quantità dell'acqua corrente «solidificando» idealmente il flusso, e utilizzando un esempio preso proprio dal mondo delle arti: la filatura dell'argento che, riscaldato e reso quasi fluido, passa veloce per un foro tarato. Prima che per la velocità, difficilmente percepibile ai sensi senza gli strumenti di oggi, il concetto di continuità di flusso passa dunque – osserva Maffioli – per la proporzionalità di masse di liquido per unità di lunghezza.

Il libro propone una interpretazione della rivoluzione scientifica come «conquista filosofica delle arti e parallela trasformazione sociale e disciplinare delle matematiche» (p. XVI). Nonostante la contiguità, gli scambi e le sinergie, né Galileo, né altri protagonisti di questa storia furono mai «ingegneri-scienziati»; nel '600 il mondo degli architetti d'acque di formazione vitruviana, impegnati in una pratica ormai secolare di gestione di irrigazioni e canalizzazioni, era ancora ben distinto da quello dei matematici, che basavano la propria primazia sul ruolo pubblico che ricoprivano nelle istituzioni accademiche cittadine. La nuova scienza del '600 andò molto oltre il punto di partenza della simbiosi rinascimentale con la pratica delle arti, approdando a metodi e concetti (matematici) estranei all'empiria degli ingegneri; furono sempre i matematici a trasformarsi in filosofi e ad affrontare e sostituire la filosofia scolastica con una filosofia nuova: l'appropriazione/trasformazione delle arti da parte dei matematici non fu plagio, e il campo intellettuale costituì il polo trainante nel processo biunivoco, la via che porta al risultato finale. Maffioli tuttavia sposta l'attenzione dalla pura storia della teoria al contesto sociale e professionale di questa metamorfosi, e non trascura inoltre un approccio a tutto tondo con la storia politica e il contesto internazionale; del tutto originale è la sua rilettura delle vicende di Galileo alla luce dei contrasti tra soglio pontificio e partito bolognese-filospagnolo.

Come spiegò a suo tempo Koyrè, i platonici e gli aristotelici del tempo (si pensi alla *Scuola d'Atene* di Raffaello) si distinguevano gli uni per attribuire alle matematiche un valore superiore a quello del mondo sensibile, gli altri per considerarle una astrazione utile, basando viceversa la conoscenza del reale sull'esperienza diretta; Galileo sarebbe stato un neoplatonico ancora più radicale, negando le basi della contrapposizione astratto/reale e affermando la realtà del mondo matematico come unico mondo reale. L'approccio galileiano consisteva nel guardare il cielo per capire la terra, concepire una teoria atomista unitaria della materia che comprendesse mondo celeste/terrestre. Atomi fisici o matematici? Difficile pensare che per Galileo realtà fisica e matematica potessero contrapporsi: occorrerebbe capire dove

portavano le sue intuizioni, cosa che egli stesso non dichiarò apertamente e che la storiografia non ha ancora chiarito. Le riflessioni sugli infiniti minimi indivisibili, come sottolinea Maffioli, possono datarsi a partire fin dal 1613-1614 (p. 160), e sono quindi alle origini del pensiero galileiano: in ultima analisi, esse sono in relazione con il discorso sulla dissoluzione della materia stessa come tale ad opera del fuoco o della luce solare (p. 167): «un'oncia d'oro si potrebbe rarefare e distrarre in una mole maggiore di tutta la Terra, e tutta la Terra condensare e ridurre in minor mole di una noce». L'energia del fuoco e del Sole consentirebbero di separare fra di loro le particelle elementari e dargli fluidità, permettendo loro di distribuirsi – una volta raggiunta questa condizione fisica – in uno spazio potenzialmente infinito: «arrivando all'ultima ed altissima risoluzione in atomi realmente indivisibili, si crea la luce, di moto o vogliamo dire espansione e diffusione istantanea, e potente .... ad ingombrare spazii immensi». Se e come per Galileo anche tutta l'acqua dei mari e dei fiumi potesse così comprimersi «in minor mole di una noce» non è chiaro, dato l'assunto di Galileo e Castelli della assoluta fluidità e quindi non comprimibilità dell'acqua.

La polemica di Castelli con gli ingegneri «osservatori dei fiumi», Aleotti per il Po e soprattutto Fontana per il Tevere e gli affluenti, rappresenta un caso di appropriazione di metodologie pratiche rese ormai subalterne al nuovo sapere scientifico. Il senso delle espressioni di Giovanni Fontana è da Castelli forzatamente equivocato solo per affermare la superiorità della nuova filosofia matematica corpuscolare («l'acqua non è comprimibile come la bambagia»); e tuttavia non bisogna dimenticare che il limite reale dell'approccio di Fontana era proprio nella sua visione esclusivamente ingegneristica, e che egli fantasticava di poter mantenere lontane da Roma le inondazioni del Tevere con dighe (ponti regolatori) di dimensioni smisurate. Nei fatti, la difesa operata da Castelli delle ragioni della scienza contro la pratica corrente funzionò ove questa si basava su un riferimento solido all'esperienza diretta delle situazioni (pianura emiliana) e fallì quando se ne allontanava (laguna di Venezia).

Il dialogo arti/matematiche proseguì per tutto il '600. Barattieri, che si presenta come un architetto d'acque vitruviano, cerca autorevolezza al suo sapere pubblicando l'intero libro II del trattato di Castelli e riconoscendo i suoi debiti intellettuali a Cardano, la cui *De rerum varietate* gli aveva «aperto la mente» (p. 262). Dal canto suo, Guglielmini si presenta nel frontespizio della sua opera come «primo matematico dello Studio di Bologna», e dichiara di dimostrare le cause, senza fermarsi alla «corteccia dei nomi», ma arrivando viceversa al «midollo delle cose» – si ricordi il galileiano «ciaschedun sa ch'ella si chiama gravità. Ma io non vi domando del nome, ma dell'essenza della cosa» – e nondimeno, è proprio l'*Architettura d'acque* di Barattieri la sua fonte di riferimento pratica.

Con Guglielmini la scienza delle acque entra nel mondo concreto dell'idraulica fluviale, abbandonando le originarie astrazioni galileiane: l'acqua non è più un fluido perfetto, ma ha una viscosità per la quale sponde e fondo dell'alveo ne ritardano il moto; il suo moto è scomposto nelle due cause che lo generano, la pendenza dell'alveo e la pressione degli strati superiori. La legge matematica di continuità è vista ora nell'ambito di un processo dinamico in cui la corrente del fiume accelera e ritarda, erode e sedimenta, rallenta e si alza di livello aumentando la componente della pressione e sfoga poi veloce a valle dopo l'ostacolo. Nella visione geo-

morfologica di Guglielmini le cause che erano poste all'origine del moto delle acque (la «caduta» o pendenza dell'alveo) diventano così effetti della velocità con cui le acque stesse del fiume scavano l'alveo nel tempo. Come Fontana per le inondazioni del Tevere, anche i ferraresi sostenevano una soluzione puramente ingegneristica: possenti arginature che tenessero lontane dalle terre ferraresi le acque stagnanti; viceversa i bolognesi propugnavano soluzioni basate sulla naturalità del deflusso, e il Cassini, da essi chiamato, aveva appunto contrapposto *stato violento/stato naturale* delle acque.

La matematica era al tempo propedeutica allo studio della professione medica, e medici sono alcuni dei protagonisti della «via delle acque», come Cardano e Guglielmini. Gli organismi viventi sono visti da Malpighi, e poi da Guglielmini stesso, come composti di macchine, fatte di parti minutissime (corde, leve, fluidi scorrenti, cisterne, canali, p. 282): anche la medicina adotta dunque un modello meccanicista e costituisce un terreno importante per la metamorfosi della matematica in nuova scienza, proseguendo l'analogia rinascimentale microcosmo/macrocossimo, tra corpo umano e geomorfologia della Terra, tra cura medica e progetto del matematico applicato all'ingegneria; la Terra stessa diventa il laboratorio della nuova scienza, il corpo del paziente. Le livellazioni dell'alveo e della campagna non erano dunque solo disegni e carte colorate, con cui ingegneri privi d'ingegno attraevano gli sguardi dei potenti (secondo la critica paternalistica del gesuita Cabeo, p. 259): servivano per ricavare, dalla cadente naturale dell'alveo a monte, una possibile pendenza delle nuove inalveazioni artificiali, che non contrastassero ma assecondassero le «inclinazioni naturali» di un fiume, il Reno, che era sempre confluito direttamente nel Po.

L'adozione di un modello meccanicista del mondo e la matematizzazione del medesimo vanno però intese in senso ampio, di cui la «via delle acque» ci fa intravedere meglio di tutte il senso: per affrontare la complessità fisica del reale, Guglielmini introduce una forma *debole* di matematizzazione. Una teoria matematica compiuta viene sviluppata nei *Principia* newtoniani, e recepita in Italia solo più tardi, con Zendrini e Poleni (si veda in proposito il citato *Out of Galileo*); al momento, questa matematizzazione non è ancora quantificazione, ma una prima fase di «concettualizzazione altamente selettiva che tende alla semplificazione», che presuppone «una modellizzazione della realtà fisica» (p. 294): fornisce una proporzionalità nei rapporti causa-effetto, ma non la quantifica con precisione. Presuppone, nondimeno, che questa proporzionalità vi sia e che la natura – e in ultima analisi Dio stesso – operi in modo sempre uniforme secondo leggi matematiche: la regolarità del mondo naturale era il presupposto per la capacità umana di comprenderne il funzionamento razionalmente e di (ri)produrla artificialmente – e questa convinzione rappresentò uno scenario condiviso dal vasto mondo delle arti.

Certo, vi era sempre il rischio che il mondo naturale divenisse troppo autonomo dal suo creatore, e si affermassero le concezioni organiciste e neoplatoniche dell'*anima mundi* che «qual grand'animale, in tutte le parti *da se stesso* si muove», che andavano viceversa riportate «a scoprire bellissimi misteri di filosofie» in ambito cristiano, in un'ottica teista – si veda *Il Tevere incatenato* di Filippo Maria Bonini, Roma, 1663 – o in un'ottica meccanicista – si veda lo stesso Cabeo e i suoi modelli del ciclo dell'acqua interno alla Terra basati sul calore terrestre; i galileiani dal canto loro non esclusero teorie finalistiche sulle «intenzioni e inclinazioni» della natura, ma piuttosto afferma-

rono la razionalità e la conoscibilità di queste inclinazioni naturali, negando *qualità occulte* di scolastica memoria.

Anche i limiti fisici negli esperimenti di pompaggio dell'acqua mostrano come le esperienze delle arti siano una via non solo privilegiata, ma ineludibile per arrivare alla verità: hanno ormai un ruolo epistemologico, non vi è sapere al di fuori di esse; le 18 braccia oltre le quali non si riesce ad innalzare l'acqua rappresentano così il valore della resistenza del vuoto. La stretta contiguità con la pratica delle arti meccaniche fa sì che la matematica si liberi degli aspetti metafisico-neoplatonici e di quelli magico-rinascimentali più stravaganti; è questa contiguità a configurare questo processo come qualcosa di diverso dal semplice recupero umanista della sinergia arte/scienza e della antica «rivoluzione scientifica» di epoca alessandrina (Lucio Russo), ma bensì come l'appropriazione di antico, medievale e moderno insieme, come l'espressione teorica della pratica produttiva e della cultura tecnica delle città italiane.

[Paolo Buonora, [paolo.buonora@beniculturali.it](mailto:paolo.buonora@beniculturali.it)]