

Handwritten text in Italian, likely a technical description or a note related to the drawings above. The text is written in a cursive script and is partially obscured by the bottom edge of the page.

Leonardo e l'acqua. La sfida della rappresentazione

Frank Febrenbach

Disegni e testi sull'idrologia si legono tra gli appunti più antichi del *corpus* vinciano. Già nel Ms. A Leonardo abbozza il piano di un "Trattato de l'acqua" (f. 55 verso, 1492 circa). Manoscritti in tutto o in parte dedicati a problemi di idrodinamica sono inoltre databili attorno al 1495 (Ms. H e Ms. I) e al 1508 (Codice Leicester e Ms. F)¹.

Nella teoria della pittura elaborata da Leonardo, all'acqua spettava un ruolo significativo: la sua raffigurazione – celebrata già da autori antichi – era appannaggio esclusivo della pittura e la distingueva pertanto dalla scultura.

Nei primi testi dedicati da Leonardo all'idrologia, l'acqua è considerata sotto tre diversi aspetti, per i quali Leonardo poteva fare ricorso a fonti antiche e medievali: l'acqua come elemento datore di vita, l'analogia di micro e macrocosmo, l'idrotecnica. In tutti e tre questi ambiti, tuttavia, Leonardo trasforma rapidamente il nucleo delle sue riflessioni e si concentra sulle forme e sulla dinamica dell'acqua in movimento. In particolare, dopo il 1500 l'acqua divenne il movente principale delle sue indagini geografiche, geologiche, meteorologiche, anatomiche e botaniche, tutte incentrate sullo studio dei processi concreti.

In un testo del Ms. C (f. 26 verso), risalente al 1490 circa e recante il titolo "Che cosa è acqua", Leonardo affronta in realtà una materia molto più ampia. Egli prende le mosse dall'acqua come elemento che rende possibile la *vita* ("questa è aumento e omore di tutti i vitali corpi") e che perde questa sua virtù qualora rimanga a lungo ferma ("fermezza la corrompe"). Di conseguenza vengono considerate le sue differenti forme di manifestazione e la sua dinamicità. Quindi Leonardo mette in luce la poten-

za distruttiva dell'acqua, cioè la faccia opposta della sua capacità di donare la vita. Stila infine un catalogo delle diverse forme di correnti, che, si noti, non include i vortici.

Nel Ms. A (f. 55 verso) si trova un "Cominciamento del trattato de l'acqua" che trae origine dall'*analogia tra corpo umano e corpo della terra*. Nel dipanarsi dell'argomentazione (che giunge fino al f. 61 recto), tuttavia, balzano in primo piano le questioni relative alla circolazione dell'acqua e alle sue forme di movimento.

Già nella lettera di presentazione di Leonardo a Ludovico Sforza, di cui abbiamo la minuta (Codice Atlantico, f. 1082; 1482 circa), Leonardo offre quattro invenzioni di *tecnica idraulica* (costruzione di ponti, escavazione di fossi, navi da guerra, canalizzazione). Anche nell'elenco autografo delle sue opere, scritto probabilmente attorno al 1482, si trovano "certi strumenti per navili" e "certi strumenti d'acqua" (Codice Atlantico, f. 888 recto). Già al tempo del suo primo soggiorno milanese (1482-1499), Leonardo prese parte a questo genere di realizzazioni². L'elenco dei posteriori progetti, in parte utopistici (costruzione di una diga sull'Isonzo per resistere alla minaccia di invasione turca; deviazione dell'Arno; allagamento della Valdichiana per rendere navigabile l'Arno; canalizzazione dell'Adda o naviglio della Martesana; bonifica delle paludi pontine; progetti di canalizzazione in Francia, soprattutto in relazione con i progetti per Romorantin), si estende fino agli ultimi anni di vita di Leonardo (cfr. cat. VIII.9 e VIII.16).

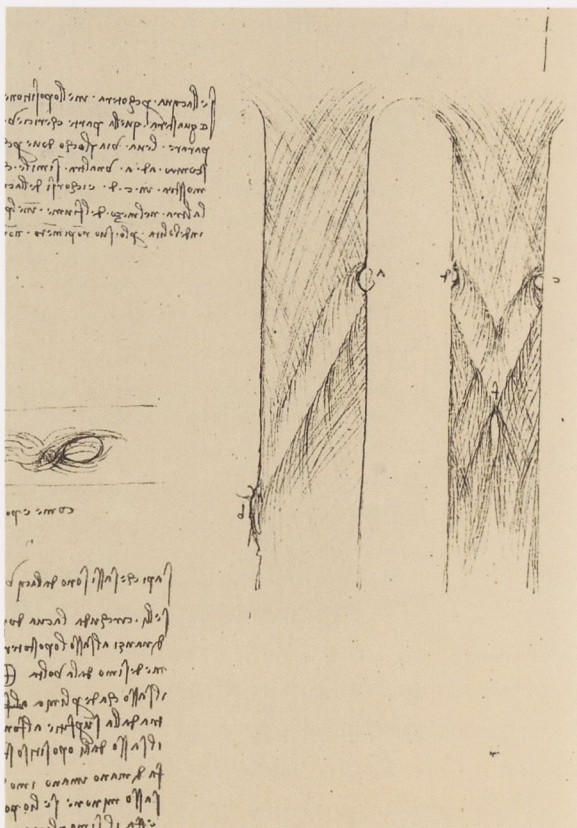
Nelle sue prime riflessioni sull'acqua come principio vitale e sulla cosmologia Leonardo si rifece a un'ampia tradizione medica e filosofica. Tuttavia, la concezione di una peculiare *vis viva* dell'acqua viene da lui solo scarsamente ripresa³, mentre l'analogo

Leonardo da Vinci,
Studi di idrologia,
The Royal Collection / HM Queen
Elizabeth II, n. 12660 verso
(particolare fig. 8)

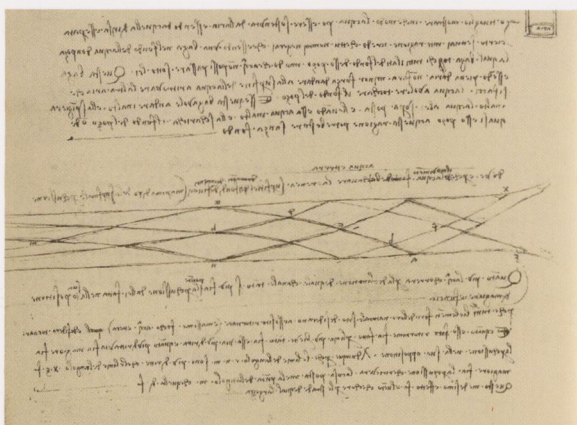
gia di micro e macrocosmo l'occuperà, con attitudine sempre più scettica, fino ai suoi ultimi manoscritti⁴. In quanto tecnico, Leonardo poteva appoggiarsi all'opera di predecessori quattrocenteschi, come gli ingegneri senesi Mariano Taccola e Francesco di Giorgio Martini⁵. In opposizione a tutto ciò, e alla maggior parte dei suoi campi di indagine scientifica, gli studi di correnti idrauliche sono in gran parte un'impresa che non dipende da tradizioni precedenti. L'antica idrostatica, da Erone ad Archimede, non aveva trovato nel Medioevo prosecuzione alcuna⁶. Sembra che Leonardo sia stato il primo a occuparsi dettagliatamente e in modo scientifico delle proprietà dinamiche dell'acqua. Nel corso di questa sua indagine, osservazioni, esperimenti mentali e concrete disposizioni sperimentali si sono andate combinando in proporzioni variabili⁷.

Fino alla metà dell'ultimo decennio del Quattrocento Leonardo si occupò prevalentemente di correnti rettilinee e dei loro rimbalzi, come anche della loro interpenetrazione: ciò in analogia con i fenomeni ottici e con la meccanica percussiva dei corpi solidi. Il vortice e la spirale, studiati nei trattati di architettura di Leon Battista Alberti⁸ e di Francesco di Giorgio⁹ per la loro utilità idrotecnica ma anche nelle loro potenzialità distruttive, occupano negli scritti vinciani della fine degli anni ottanta e dell'inizio del successivo decennio un ruolo indubbiamente marginale. In queste prime rappresentazioni l'acqua si muove prevalentemente in linea retta, nell'urto obbedisce alla legge della riflessione per angoli eguali e le correnti d'acqua sono in grado di compenetrarsi vicendevolmente senza alcun impedimento (figg. 1-2). Si può insomma parlare di una prima *idrologia "vettoriale"*, in cui l'acqua è concepita da Leonardo come una sorta di luce fluida.

Dall'inizio degli anni novanta si annuncia in Leonardo una crescita di interesse per i moti vorticosi ("retrosi") e per i fenomeni di erosione. I moti dell'acqua vengono ora visti sempre meno come compenetrazione di vettori unidimensionali e in modo crescente come una *massa* estesa, riempita da componenti solide. I moti dell'acqua sono sempre più frequentemente rappresentati come curvilinei, come Leonardo nota per esempio nel Ms. H ("Tutti li superiori liniamenti fatti dal moto dell'acqua fien curvi", f. 69 recto). All'interno del flusso, i colpi riflessi ("balzi") dell'acqua si trasformano in for-



1. Leonardo da Vinci, *Correnti d'acqua*, Parigi, Bibliothèque de l'Institut de France, Ms. C, f. 24 verso, particolare



2. Leonardo da Vinci, *Correnti d'acqua*, Parigi, Bibliothèque de l'Institut de France, Ms. C, f. 26 verso, particolare

me curvilinee continue e tridimensionali¹⁰. In questo modo nasce la spirale tridimensionale: come avvitamento attorno all'asse della direzione del flusso. In questi anni il principale interesse di Leonardo è rivolto alla tendenza del fiume all'auto-stabilizzazione, cioè al contenimento della sua stessa potenza distruttiva mediante la formazione di meandri e la differenziazione materiale del suo letto¹¹.

Dopo il 1500, Leonardo si concentra in modo crescente sugli *antagonismi* idrodinamici, soprattutto sulla relazione tra correnti più e meno potenti, come anche tra l'acqua in movimento e i suoi argini (erosione)¹². Ciò trova un parallelo nei suoi impegni coevi come ingegnere militare, e nell'incari-

co, che la Signoria gli assegna, per la realizzazione di una monumentale rievocazione pittorica di un fatto d'arme (*La Battaglia d'Anghiari*). Gli effetti erosivi dell'acqua sono sempre più inquadrati da Leonardo in una prospettiva geologica. Nei manoscritti più tardi si notano chiaramente i dubbi di Leonardo nei confronti dei modelli semplificatori. Riallacciandosi alla concezione aristotelica della disposizione dei quattro elementi, Leonardo ritiene ora che l'acqua tenda costantemente a ricoprire la terra in modo perfettamente sferico¹³, con conseguenze catastrofiche per l'esistenza delle forme di vita non acquatiche. Egli lascia però infine aperta la questione se in futuro, a causa dell'irradiazione solare, l'acqua sommergerà *stabilmente* l'intero pianeta (cfr. cat. X.9; Ms. F, f. 70 verso; Codice Leicester, f. 15A:22 recto [8]). Dopo il 1510 viene messa radicalmente in questione anche l'analogia tra circolazione dell'acqua e flussi del sangue nell'organismo.

I testi che Leonardo dedica all'acqua misurano la distanza tra i pochi principi regolari e la congerie delle sbrigliate illustrazioni letterarie dei moti dell'acqua¹⁴. Spesso compaiono impressionanti evocazioni mimetiche del flusso d'acqua, con l'uso di onomatopoeie, allitterazioni e ritmicizzazioni¹⁵. L'intonazione retorica di Leonardo passa disinvoltamente dal piano pragmatico a quello del *pathos*. Questa strategia trova la sua espressione monumentale nei testi sul "diluvio" nel foglio di Windsor n. 12665. Mentre il recto contiene una pragmatica "Descrizione del Diluvio" di carattere idraulico, il testo "letterario" sul verso evoca la fuga precipitosa di uomini e animali, la disperazione, la paura della morte eccetera. Entrambi i testi si caratterizzano per gli stessi peculiari mezzi stilistici "idro-narrativi": paratassi, ampliamento dei periodi, complesse costruzioni partecipiali e relative.

La rappresentazione dell'acqua in movimento non esige però da Leonardo solo particolari mezzi linguistici, ma anche una peculiare abilità grafica. Nel 1969 Ernst H. Gombrich ha sostenuto che gli studi d'acqua disegnati da Leonardo non derivavano da osservazioni, ma da teorie. Le forme di movimento dell'acqua sarebbero "a matter of thought rather than of sight; it is something that Leonardo reasoned out, not something he can have observed and measured"¹⁶. I disegni sarebbero insomma la "visualization of forces"¹⁷ ottenuta mediante l'uso

di diagrammi. In modo analogo si pronunciò Martin Kemp: "Leonardo was in effect drawing lines of force [...] The vortex was a form of dynamic geometry across space and time"¹⁸. Che le raffigurazioni scientifiche delle correnti realizzate da Leonardo non siano delle mere trascrizioni dell'esperienza vivida è un fatto evidente. Anche gli studiosi di idraulica confermano che i disegni di correnti da lui realizzati, per quanto ricchi di dettagli, sono "rather schematized or exaggerated"¹⁹. Ciò nonostante, è necessario domandarsi se, per la comprensione degli studi d'acqua, sia utile contrapporre "observation" e "reasoning out", "perceptual" e "schematic"²⁰. L'esempio, fatto da Leonardo, del fiocco di neve che, cadendo, viene percepito come una linea (*Libro di Pittura*, cap. 231a) è utile a intendere fino a che punto le "schematizzazioni" entrino a far parte del "sensibile"²¹ (cfr. cat. X.15). A questo fenomeno Leonardo dà una spiegazione psicofisica: le cose lasciano nell'organo le proprie *impressioni*, come delle tracce, mediante le quali il movimento diventa percepibile²².

Il fenomeno dell'impressione non si verifica però solo nell'organo di senso; esso è essenziale anche per il modo di manifestarsi dell'acqua in movimento, che, grazie alla sua tendenza alla formazione di linee di tensione interne, produce nel proprio flusso delle linee di moto o "impressioni"²³. Un'ulteriore modalità di visualizzazione delle forme delle correnti si ha grazie all'uso di marcatori nell'acqua in movimento. Nel Codice Arundel, f. 162 recto, Leonardo afferma che la "scienza" dell'acqua in movimento può essere resa *visibile* mediante esperimenti ("E la vera scienza di tal retrosi vederai nell'acqua caduta in iscalini interchiusa infra due piastre di vetro bianco e sottile"). Già nel Ms. C, f. 25 recto, si trova il consiglio di visualizzare le turbolenze dell'acqua mediante l'aggiunta di vino. Diciotto anni più tardi, nel Ms. F, Leonardo consiglia di visualizzare i "belli moti" dell'acqua mediante "grani di panico" (f. 34 verso). In questo modo egli anticipa procedimenti sviluppati nella posteriore fenomenologia delle correnti fisiche (per esempio da Friedlieb Ferdinand Runge e Theodor Schwenk)²⁴.

L'inerzia dell'acqua, la sua densità e la sua formazione di linee di tensione interne sono condizioni della visualizzazione dei movimenti delle sostanze fluide²⁵. Per questo motivo, l'acqua poteva di-

ventare per Leonardo il paradigma delle proprietà dinamiche di aria e fuoco. Tuttavia Paul F. Néményi ha osservato che Leonardo non giunse mai a una chiara distinzione tra impulso e movimento della massa: una questione complessa, di cui comunque egli era consapevole²⁶. Le linee che si rendono visibili in acqua grazie alla presenza di marcatori dividono delle quantità di acqua in movimento e pertanto sono, in quanto linee di tensione, “immobili”. A questo fatto si collega però un problema di rappresentazione grafica, in quanto l’occhio interpreta le linee del vortice disegnato come traccia dinamica di un movimento della massa, e non come contorno relativamente immobile delle correnti.

Nei più antichi disegni d’acqua di Leonardo le illustrazioni di vortici sono relativamente rare. Fino alla metà degli anni novanta Leonardo disegna i vortici solo con grande titubanza e sorprendente mancanza di destrezza. Uno schizzo nel Ms. B, f. 81 recto (fig. 3), è un ottimo esempio del modo in cui i vortici più antichi sono composti, senza eccezioni, da tratti più volte interrotti, in parte spezzati da angoli, perdendo in questo modo la loro qualità dinamica. Nel Ms. C Leonardo spezzetta il movimento dell’acqua in singoli vettori, che spesso contrassegnano onde statiche intersecate, a forma di grata, con cui a questa altezza egli ancora rappresenta movimenti della massa che avvengono per riflessione angolare (cfr. figg. 1-2). Alcuni disegni di questa prima fase sono dedicati a studiare come i vettori ideali, che si sovrappongono reciprocamente, sono disturbati dai flussi e in che modo da ciò possono risultare il ristagno della corrente e la distruzione degli argini. Uno schizzo nel Ms. C, f. 26 recto, mostra come in questo caso le linee intersecate non solamente si addensano, ma subiscono anche una torsione.

Nel Ms. A (1492 circa) Leonardo studia le forme di movimento causate dall’acqua che precipita in altra acqua. Qui si vedono delle rappresentazioni, assai poco strutturate, di superfici in moto (cfr. fig. 4), ma anche disegni che illustrano movimenti sotto la superficie (f. 58 recto).

Nel Ms. H (1495 circa) i vortici superficiali svolgono già un ruolo importante²⁷. La forma del loro decorso è ancora assai imprecisa²⁸, ma l’interesse di Leonardo per la trasformazione del letto del fiume lo spinge anche a rappresentare i vortici sottostanti

alla superficie della corrente²⁹. Ma è solo nel Ms. I (1497 circa) che Leonardo raffigura in modo sistematico le forme dei vortici. Come modello grafico egli poteva riferirsi alle sue precedenti rappresentazioni della vite archimedeica, ancora in parte collegate alle speculazioni sul moto perpetuo³⁰. Il Ms. I, f. 76 recto, mostra il modo in cui diverse correnti, scontrandosi, non rimbalzano semplicemente come corpi solidi, ma generano dei vortici (fig. 5). In questo manoscritto la formazione di vortici e la curvatura della corrente d’acqua vengono rappresentati in modo deciso, con tratti di linea sempre più lunghi e continui; il tratto di penna si adegua al proprio oggetto fluido³¹. Nel flusso fanno la loro comparsa quasi dei corpi virtuali (spirali) modellati dall’acqua. A differenza della fisica dei corpi solidi, questi vortici non sono circondati da intervalli “vuoti”, ma dal *continuum* delle masse d’acqua immediatamente circostanti (fig. 6; cfr. cat. IX.12).

Gli studi di Leonardo sulle correnti – l’ambito quantitativamente più esteso di tutta la sua attività scientifica – sembrano essere assai distanti dalle questioni e dalle realizzazioni di carattere artistico. A uno sguardo più attento, tuttavia, tra arte e scienza si rendono visibili delle forti risonanze. La visualizzazione dell’acqua, soprattutto nell’idrodinamica dell’ultimo Leonardo, gli offriva la possibilità di rappresentare l’unità paradossale della forma “statica”, colta visivamente come simultaneità, e del movimento consecutivo dell’acqua corrente. Già nel Ms. A Leonardo constata in modo lapidario che nell’osservazione dell’acqua corrente l’occhio non può mai rimanere a riposo³²; nel tardo Ms. E egli afferma che il vedere è sempre in moto, e che pertanto in qualche maniera iscrive delle linee nel campo della percezione (f. 80 verso, 1514 circa). I testi di Leonardo sulla teoria della pittura vertono sulla paradossale temporalità dell’immagine, che si rivela al contempo in modo simultaneo (“in un medesimo tempo”) e successivo³³. Esattamente questa unità di successione e simultaneità è ciò che viene illustrato dai vortici “ornamentali” posteriori grosso modo al 1495 (cfr. figg. 7-8).

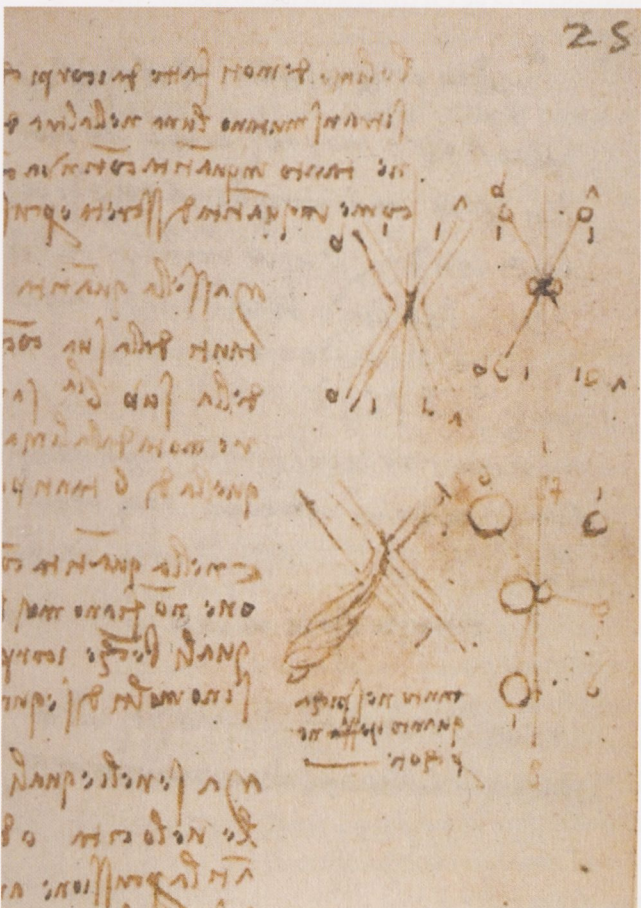
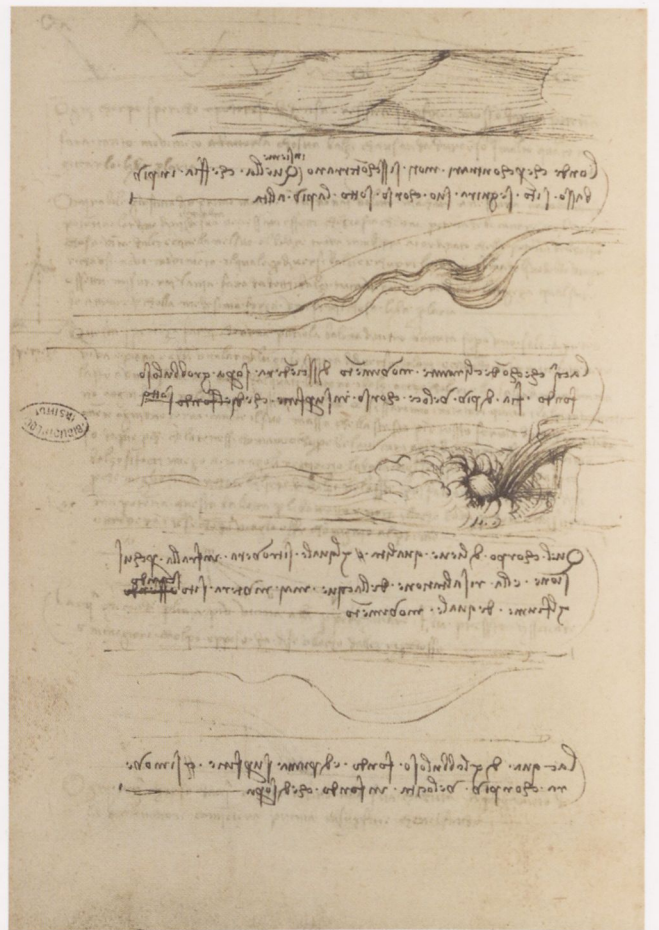
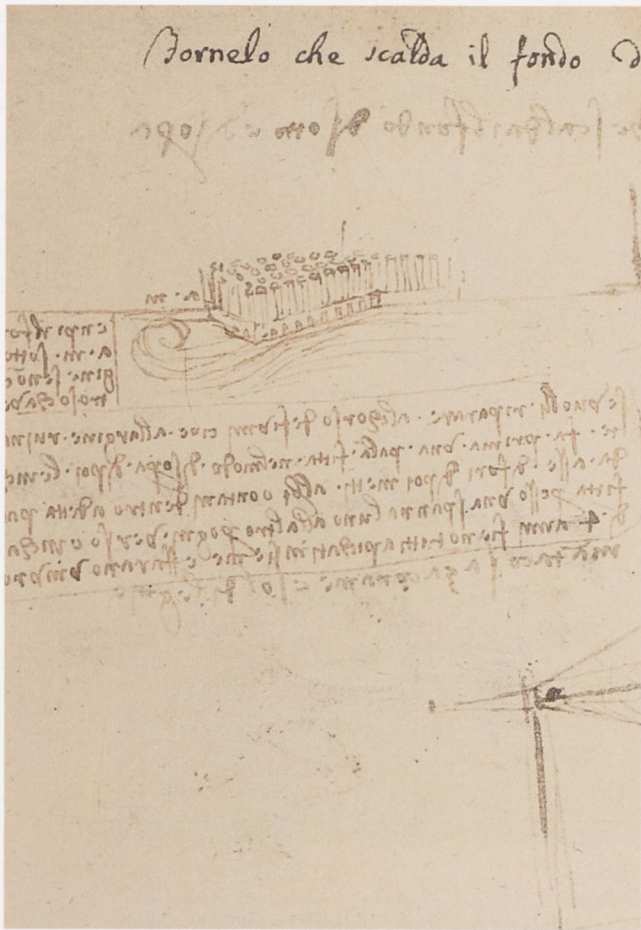
Lo sviluppo degli studi idrologici si dimostrò importante per la prassi grafica e pittorica di Leonardo per due ordini di ragioni: tematiche e formali. Sul piano tematico, già i più antichi disegni di Leonardo rappresentano il *paesaggio* come spazio

3. Leonardo da Vinci, *Correnti d’acqua*, Parigi, Bibliothèque de l’Institut de France, Ms. B, f. 81 recto, particolare

4. Leonardo da Vinci, *Studi di idrologia*, Parigi, Bibliothèque de l’Institut de France, Ms. A, f. 24 verso

5. Leonardo da Vinci, *Studi di meccanica e di idrologia*, Parigi, Bibliothèque de l’Institut de France, Ms. I, f. 76 recto, particolare

6. Leonardo da Vinci, *Studi di idrologia*, Parigi, Bibliothèque de l’Institut de France, Ms. I, f. 81 recto, particolare





7. Leonardo da Vinci,
Studi di idrologia,
Parigi, Bibliothèque
de l'Institut de France,
Ms. F, f. 8 recto, particolare



8. Leonardo da Vinci,
Studi di idrologia,
The Royal Collection / HM Queen
Elizabeth II, n. 12660 verso

costantemente modificato dall'acqua (cfr. cat. II.3 e II.8). L'acqua è anche al centro dei posteriori disegni di paesaggi, come protagonista di un ininterrotto processo di modificazione e dissoluzione delle forme (si vedano la serie dei "paesaggi sull'Adda", Windsor, Royal Library, nn. 12398-12400, e i paesaggi montani in gesso nero, ivi, nn. 12389, 12390, 12396, 12397), culminando nei tardi disegni di "diluvi" (ivi, nn. 12376-12386; cfr. cat. X.16 e X.17), dove delle enormi colonne d'acqua sommano città, valli e montagne.

Sul piano formale, l'idrologia vinciana dell'ultimo decennio del Quattrocento fu – insieme alla *frizione* nel campo della meccanica (Codice di Madrid)³⁴ – il fattore scatenante della modificazione, avvenuta attorno al 1500, del tratteggio rispetto all'iniziale stile rettilineo: in ciò consiste la più importante novità da cui fu interessato lo stile grafico di Leonardo. Il nuovo tratteggio incurvato dinamizza i volumi, modella gli oggetti e i corpi, così come l'acqua modella le forme delle correnti³⁵ (cfr. cat. IV.6.3).

Parallelamente allo sviluppo degli studi di correnti, Leonardo non si limitò a dinamizzare il proprio linguaggio grafico. Egli elaborò anche un nuo-

vo ideale di figura e nuove modalità compositive. I suoi studi per la *Leda e il cigno* anticipano quella "figura serpentinata" per la quale più tardi Giovan Paolo Lomazzo impiegherà la metafora della fiamma³⁶ (cfr. cat. IV.6.4). Tuttavia, senza gli sviluppi coevi dell'idrodinamica vinciana, l'immagine dell'avvitamento di un corpo in senso contrario su di un asse principale non sarebbe assolutamente pensabile³⁷.

Il ruolo svolto dagli studi di correnti non va sottovalutato neanche in relazione alla trasformazione dello stile compositivo di Leonardo. Così, se il compatto *ammassamento di corpi* successivo al 1495, con la sua assenza di intervalli vuoti (*Cenacolo*, Milano; cartone della *Sant'Anna*, Londra), può da un lato essere collegato a un'idea formale di matrice scultorea³⁸, dall'altro lato, proprio in quanto studioso di idraulica, Leonardo si vide sempre più indotto a rappresentare il *continuum* dei segmenti delle singole correnti all'interno di un "compatto" insieme della massa d'acqua. Anche il gruppo di cavalieri armati della sua *Battaglia d'Anghiari* può essere visto come uno sviluppo esemplare del modo in cui Leonardo concettualizzava il flusso dell'acqua come *antagonismo* di forze differenti nel

continuum di un'unica massa (cfr. cat. IV.5.5). E infine, si possono constatare dei chiari parallelismi tra lo sviluppo da Leonardo impresso alle *composizioni labili e transitorie* (la *Madonna col Bambino e*

sant'Anna, Parigi, Louvre) e la sua tarda idrologia, per la quale sono costellazioni instabili e temporanee sia la forma del singolo fiume sia il rapporto tra acqua e terra.

¹ Si veda la monumentale compilazione dei testi vinciani dedicati all'idraulica in Macagno 1988-1989. Si veda anche la ricostruzione panoramica di Pfister 2009. Il mio contributo riproduce a grandi linee le argomentazioni più dettagliate contenute in Fehrenbach 1997, pp. 193-256. Desidero ringraziare calorosamente l'amico Fabio Frosini per la sua traduzione dal tedesco e per i suoi preziosi suggerimenti.

² Cfr. *Leonardo e le vie d'acqua* 1983; Beltrame 1987; *Leonardo, l'acqua e il Rinascimento* 2004; Marani 2010^d.

³ Cfr. ad esempio Codice Arundel, f. 57 verso.

⁴ Si veda Fehrenbach 1996.

⁵ *Gli ingegneri del Rinascimento* 1996. Cfr. anche i contributi in *Arte e scienza delle acque* 2003.

⁶ Cfr. Biswas 1970, p. 124. Inoltre Hellmann 1904 (con rinvio alle fonti); Hofmann 1909.

⁷ Su questo punto cfr. Macagno 1989 e *Leonardo da Vinci. Experience* 2006.

⁸ *De re aedificatoria* X, 10-12 (si veda *Leon Battista Alberti* 1988).

⁹ Martini ed. 1967, I, pp. 28, 178-197. Sull'idrologia quattrocentesca cfr. *Prima di Leonardo* 1991, pp. 272 sgg.

¹⁰ Quella della continuità della corrente viene considerata dalla maggior parte degli interpreti come la principale scoperta di Leonardo in questo settore di studio. Cfr. Favaro 1919, p. 276; Marcolongo 1937; Neményi 1962, p. 58; Biswas 1970, p. 143; Cavalconte 1971, pp. 152 sgg.; Levi 1982, pp. 411 sgg.; Truesdell 1982, p. 317; Macagno 1989, pp. 226 sgg.

¹¹ Si veda ad esempio Ms. M, f. 65 recto; in questo manoscritto si trova anche il pro-

getto di un'indagine su tutte le possibili composizioni materiali dei letti dei fiumi (f. 64 verso). Riflessioni sulla relazione tra forma e velocità della corrente, e moto di corpi solidi nel fiume si trovano soprattutto nel Ms. H (cfr. ff. 2 recto, 30 recto, 46 recto, 47 verso, 53 recto, 128 recto).

¹² Si veda ad esempio il Codice Leicester, ff. 15A:15 recto (26-27); 17A:20 verso (7-12).

¹³ Su questo punto si veda l'eccellente saggio di Nanni 2010.

¹⁴ Alcune osservazioni su questo punto (incentrate sul "Cantico delle acque" nel Codice Arundel, f. 57 verso) si trovano in Vecce 1997 (ringrazio Carlo Vecce per avermi segnalato il suo scritto).

¹⁵ Cfr. "[...] risaltamento somergimento surgimento declinatione elevatione cavamento consummamento [...]" (Ms. I, f. 72 recto).

¹⁶ Gombrich 1969, p. 180.

¹⁷ Ivi, p. 176.

¹⁸ Kemp 1990, p. 18.

¹⁹ Neményi 1962, p. 59.

²⁰ Cfr. Strong 1979, p. 392.

²¹ "Parfois, les traces de ce qu'il a imaginé se laissent voir sur les sables, sur les eaux; parfois sa rétime elle-même peut comparer, dans le temps, à quelque objet la forme de son déplacement" (Valéry 1919, p. 64).

²² Cfr. ad esempio Codice Atlantico, f. 1002 recto.

²³ Cfr. Ms. F, f. 9 recto: "Perché le impressioni generate nella superficie dell'acqua si mantengano alquanto tempo nell'essere portate dal corso delle acque?".

²⁴ Cfr. Schwenk 1996; Runge 2014.

²⁵ Si veda Neményi 1962, pp. 61-84.

²⁶ Si veda a titolo d'esempio Codice Leice-

ster, f. 18B:18 verso (13), dove Leonardo delimita l'intersecazione dei flussi ai rispettivi "impeti" o impulsi. Già nel Ms. A, f. 61 recto, Leonardo afferma che nella diffusione circolare delle onde non ha luogo alcun movimento di materia, ma una distribuzione di impulsi ("tremore"). Nel Ms. F egli definisce l'impulso lineare una "impressione", e in questo modo torna a collegare psicologia/optica e idrologia ("Perché il moto delle impressioni dell'acque penetran l'una nell'altra senza mutazione della lor prima figura?", f. 9 recto). Cfr. Windsor, Royal Library, n. 12661 recto, e Codice Atlantico, f. 180 recto (entrambi del 1510 circa).

²⁷ Cfr. Ms. H, f. 64 recto.

²⁸ Cfr. ivi, ff. 53 verso, 70 recto.

²⁹ Ivi, f. 68 verso.

³⁰ Cfr. Ms. Forster P, ff. 41 recto-verso, 42 verso, 43 verso, 52 verso, 53 recto, 54 verso.

³¹ Cfr. Ms. I, ff. 79 recto, 115 verso, 108 verso e 115 recto.

³² "Se tu riguardi il movimento dell'acqua, l'occhio tuo non si può fermare ma fa a similitudine delle cose vedute" (Ms. A, f. 58 verso).

³³ Su ciò si veda più in dettaglio Fehrenbach 2002.

³⁴ Si veda Marani 1984^b.

³⁵ Cfr. Fehrenbach 2006.

³⁶ Cfr. Davis 2009.

³⁷ Cfr. Ms. F, f. 14 verso: "Quali retrosi naturali [...] nel lor processo si voltano in contrari moti, [...] quali di contrari moti si congiungano". Ovviamente vi sono spunti per tutto ciò anche nella più antica produzione grafica e pittorica di Leonardo, cfr. *San Sebastiano*, Amburgo, Kunsthalle; cat. V.1.

³⁸ Marani 1999^b, ed. 2000, pp. 259-261.